



ÉVALUATION FONDÉE SUR LES RISQUES DES IMPACTS ET DES MENACES QUE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES PRÉSENTENT POUR LES INFRASTRUCTURES ET LES SYSTÈMES BIOLOGIQUES QUI RELÈVENT DU MANDAT DE PÊCHES ET OCÉANS CANADA – GRAND BASSIN AQUATIQUE DU PACIFIQUE

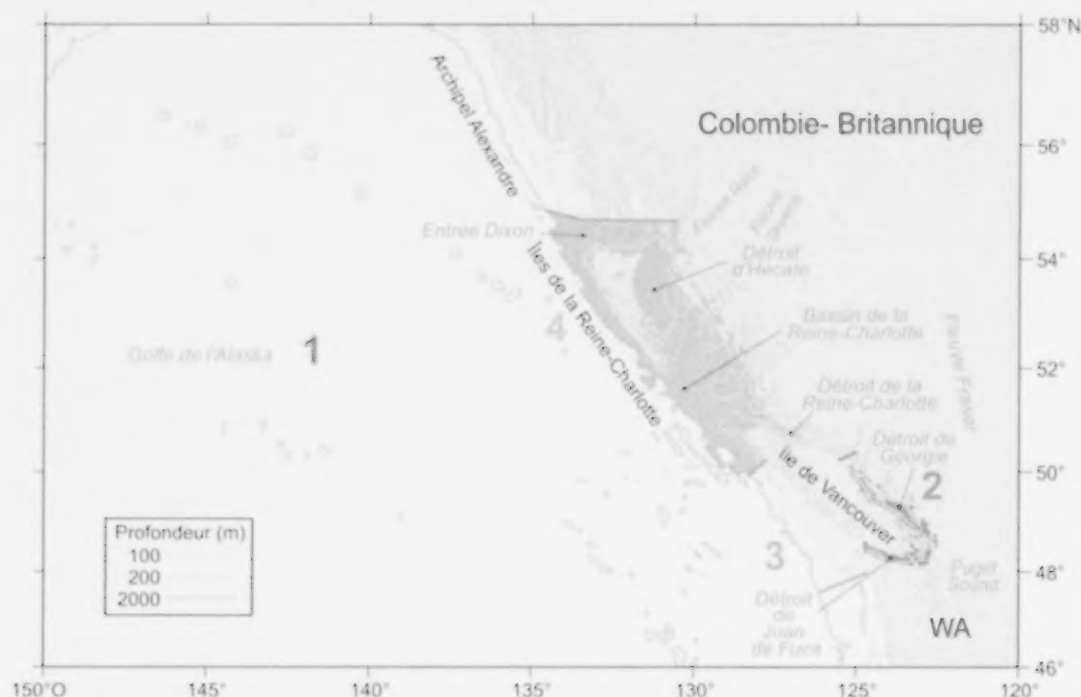


Figure 1 : Les quatre sous-divisions spatiales du grand bassin aquatique (GBA) du Pacifique : le golfe d'Alaska (1), le détroit de George (2), la côte ouest de l'île de Vancouver (3) et la côte nord du Pacifique (4). Les systèmes d'eau douce qui appuient le frai et l'élevage de poissons anadromes sont inclus dans la présente étude.

Contexte

Conformément au *Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation*, Pêches et Océans Canada (le MPO) a reçu un financement pour le Programme des services d'adaptation aux changements climatiques en milieu aquatique (PSACCMA; 2011-2016) afin de mettre en œuvre un programme scientifique sur les changements climatiques axé sur l'adaptation et les secteurs de responsabilité mandatés de Pêches et Océans Canada. Le programme comprendra des évaluations des risques, favorisera l'élaboration d'outils et de projets de recherche scientifiques pour améliorer la compréhension des répercussions des changements climatiques, et permettra au Ministère de s'adapter à ces changements.

L'un des principaux objectifs du programme est d'évaluer les risques que représentent les changements climatiques pour l'exécution du mandat du MPO dans les quatre grands bassins aquatiques (GBA), à savoir ceux de l'Arctique, du Pacifique, d'eau douce et de l'Atlantique. L'évaluation des risques régionaux aidera les gestionnaires de première ligne à réagir aux changements climatiques.

Pour atteindre cet objectif, on a commencé par tenir un processus spécial de réponse des Sciences (PSRS) du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), qui consistait en une réunion en personne dans chacun des grands bassins aquatiques, afin d'évaluer les risques pour les infrastructures et les systèmes biologiques qui relèvent du MPO. Chaque évaluation était fondée sur des documents de synthèse provisoires décrivant les « tendances et prévisions » (TP) climatiques, ainsi que sur les évaluations des « impacts, vulnérabilités et opportunités » (IVO) sur deux échelles temporelles (10 et 50 ans). Les rapports TP et IVO détaillés, qui sont des évaluations approfondies et détaillées des changements climatiques et de leurs impacts dans les différents bassins ou sous-bassins de chaque grand bassin aquatique, seront publiés en 2013-2014 (à publier^{1,2}). Ce travail fait suite à deux rapports nationaux internes du MPO sur l'évaluation des risques posés par les changements climatiques (Interis 2005, 2012), qui présentaient une évaluation préliminaire des impacts des changements climatiques sur les résultats stratégiques du MPO. Ces évaluations ont servi de point de départ aux évaluations des quatre grands bassins aquatiques.

Après ces réunions du SCCS, les résultats des PSRS et ceux d'autres analyses socio-économiques et politiques complétées en parallèle seront regroupés pour servir de source d'information à quatre autres ateliers intégrés de gestion des risques pour chaque grand bassin aquatique. L'objectif de ces ateliers intégrés sera d'utiliser la base probante fournie par les analyses scientifiques, socio-économiques et politiques et d'intégrer les considérations des différents domaines de programme du MPO (p. ex., gestion des pêches, gestion des océans, etc.) pour déterminer les risques climatiques à l'échelle du bassin les plus importants pour le Ministère. Les résultats aideront au MPO à adapter ses décisions de façon à refléter les considérations relatives aux changements climatiques, afin que les Canadiens puissent continuer à tirer des avantages socio-économiques de nos océans et de nos eaux intérieures. Ces renseignements joueront également un rôle majeur dans la détermination des priorités relatives aux enveloppes budgétaires concurrentielles du PSACCMA, priorités qui visent à comprendre les impacts des changements climatiques et à élaborer des outils d'adaptation pour l'année de financement 2013-2014 et les suivantes.

On a effectué un PSRS en raison de la brièveté des délais impartis pour fournir le présent avis scientifique. Cette urgence est liée à la nécessité de déterminer et d'appliquer des liens entre les documents d'information scientifiques, socio-économiques et politiques dans le cadre des ateliers intégrés d'évaluation des risques, qui sont prévus au début de l'hiver ou au printemps 2013.

On a remis aux participants des documents d'information résumant les données scientifiques disponibles sur les tendances et les prévisions ainsi que sur les impacts, les vulnérabilités et les opportunités pour le grand bassin aquatique du Pacifique. Le but premier de ces réunions de

¹ Christian, J. R. and Foreman, M.G.G. 2013. Tendances et prévisions des changements climatiques – Programme des services d'adaptation aux changements climatiques en milieu aquatique. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 3032: xi + 113 p.

² Grand bassin aquatique du Pacifique – Impacts, vulnérabilités et opportunités (IVO) associés aux changements climatiques – Programme des services d'adaptation aux changements climatiques en milieu aquatique. Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat. xxx (titre provisoire, manuscrit non publié)

consultation était toutefois de mener un examen par les pairs des feuilles de résumé des risques pour chaque risque ministériel pour le MPO. Un processus d'examen distinct sera organisé pour les documents d'information lorsque ceux-ci seront prêts (à publier¹²).

La présente réponse des Sciences (RRS) détaille les résultats du PSRS national relatif à l'évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour les infrastructures et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand bassin aquatique du Pacifique. La réunion a eu lieu les 28 et 29 novembre 2012 à Nanaimo (Colombie-Britannique). Les réponses des Sciences élaborées pendant la réunion du PSRS sur le grand bassin aquatique du Pacifique et celles des trois autres grands bassins aquatiques seront publiées dès qu'elles seront disponibles sur le Calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Renseignements de base

Les changements climatiques constituent un enjeu important qui peut influencer sur la capacité du Ministère à respecter les obligations et engagements relevant de son mandat. Les enjeux liés aux changements climatiques sont complexes et il s'avère difficile de prévoir l'ampleur, le lieu, le moment et les processus de leurs impacts. De plus, le MPO est un ministère complexe et diversifié. Il est fort probable que les changements climatiques auront, dans une certaine mesure, des effets sur l'ensemble de ses secteurs et de ses régions. D'anciens rapports du MPO sur l'évaluation des risques des changements climatiques (Interis 2005, 2012) ont permis de déterminer six principaux risques associés aux changements climatiques qui pourraient limiter la capacité du Ministère à exécuter son mandat, à savoir :

- Risque 1 : Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommages causés à ceux-ci;
- Risque 2 : Changements relatifs aux ressources biologiques;
- Risque 3 : Réorganisation et déplacement des espèces;
- Risque 4 : Demande accrue de services d'intervention d'urgence;
- Risque 5 : Dommages aux infrastructures;
- Risque 6 : Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau.

Zone géographique du grand bassin aquatique du Pacifique

Les composantes géographiques du GBA du Pacifique qui sont sous la responsabilité du Ministère sont les eaux marines et côtières situées le long de la côte ouest du Canada ainsi que les rivières, les lacs et les ruisseaux abritant des poissons anadromes. Les caractéristiques des milieux marins et d'eau douce diffèrent grandement d'une partie à l'autre de la région. Les systèmes marins ont été subdivisés en quatre sous-divisions spatiales aux fins du PSACCMA : le détroit de Georgie (DG), la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV), côte nord du Pacifique (CNP) et le golfe d'Alaska (GA) (figure 1). Bien que le golfe d'Alaska ne relève pas entièrement du Canada, il est inclus dans la zone étudiée. Les systèmes d'eau douce qui appuient le frai et l'élevage de poissons anadromes sont répartis dans l'ensemble de la région et, dans de nombreux cas, s'étendent loin à l'intérieur des terres (figure 1).

Le degré de compréhension des composantes marines du GAB du Pacifique est variable. Le sous-bassin du golfe d'Alaska comprend des milieux de haute mer qui jouent un rôle prépondérant dans la dynamique des écosystèmes côtiers et de plateau ainsi que, plus généralement, de ceux du Pacifique Nord. Même si nous ne connaissons pas parfaitement les écosystèmes marins de ce sous-bassin, nous savons qu'ils sont essentiels à l'élevage et à la survie en mer du saumon du Pacifique. Les trois autres sous-bassins (DG, COIV et CNP)

comprennent une zone de transition marine très variable et plutôt bien comprise qui est influencée par les grands courants, côtiers et au large (le courant d'Alaska vers le sud et le courant de Californie vers le nord). Les caractéristiques côtières importantes influencées par les vents et la flottabilité (c.-à-d. le courant côtier de Vancouver, le courant de la rupture du plateau, le courant de Davidson), les débits estuariens dans le DG, les tourbillons saisonniers (Haida, Rose Spit, Juan de Fuca) et les apports des rivières alimentées par la fonte des neiges ou par des glaciers le long de la côte ont un effet direct sur les sous-bassins côtiers. Les côtes du GBA du Pacifique présentent une topographie et une bathymétrie escarpées, avec un paysage montagneux contenant une variété de fjords profonds et de bras de mer (Thomson 1981). Les vents dominants intérieurs entraînent la remontée des eaux côtières en été et la descente des eaux en hiver. Les cycles saisonniers de fortes précipitations, de fonte nivéale et glaciaire influencent les hydrogrammes (Whitfield et Cannon 2000) et entraînent une dynamique d'inondations et de sécheresses localisées et régionales. Ensemble, les courants océaniques et les grandes rivières ont une influence considérable sur la circulation côtière, le mouvement des nutriments et la production primaire dans les écosystèmes marins côtiers du DG, de la COIV et de la CNP. De plus, les apports du fleuve Fraser initialement contenus entre le continent et l'île de Vancouver exercent une influence considérable sur le sous-bassin du DG (Thomson 1981, Masson 2006). L'eau douce du fleuve Fraser entraîne ensuite les débits estuariens dans le détroit de Juan de Fuca et le courant côtier de l'île de Vancouver.

La position de la zone de transition du GBA du Pacifique est à l'origine de changements physiques et chimiques dans le milieu marin à l'échelle saisonnière et décennale. Le phénomène El Niño-Oscillation australe (ENSO) ainsi que les phases de froid et chaud de l'oscillation décennale du Pacifique (ODP; MPO 2006-2011; MPO 2010a) provoquent dans la zone de transition une variabilité qui exerce des impacts biophysiques complexes à plusieurs niveaux trophiques sur le biote. D'ailleurs, notre compréhension des impacts prévus des changements climatiques futurs sur le biote dans le GBA du Pacifique est en grande partie tirée des réponses biologiques à la variabilité climatique passée (p. ex., Beamish et Boullion 1999; King et McFarlane 2003), notamment la redistribution des espèces pendant les années où les océans sont chauds et l'altération de la croissance et du recrutement des espèces de poissons du Pacifique qui résulte de la variation des chaînes alimentaires (Ware et Thomson 2005; Mackas *et al.* 2007; MPO 2006-2011; MPO 2010a). Toutefois, de telles réponses sont restées jusqu'à ce jour dans le spectre des variations historiques (MPO 2006-2011; MPO 2010a) et l'influence du changement climatique anthropique sur la variabilité du milieu marin à l'échelle décennale est difficile à cerner.

Dans le GBA du Pacifique, les effets des changements climatiques ne se font pas ressentir de la même manière dans les milieux d'eau douce que dans les zones marines ou côtières. On peut détecter des effets du changement climatique sur les températures, les accumulations de neige et l'hydrologie dans les systèmes aquatiques terrestres du GBA du Pacifique (Morrison *et al.* 2002; Tillman et Siemann 2011). Les changements climatiques mesurés dans les habitats d'eau douce ont des répercussions sur le saumon du Pacifique (p. ex., DG : Hinch et Martins 2011).

Ressources biologiques et biens des infrastructures

Historiquement, les pêches dans le GBA du Pacifique ont soutenu des niveaux importants, tant sur le plan des volumes que sur celui de la valeur des prises. Depuis quelques dizaines d'années, les pêches commerciales connaissent une transition vers l'accroissement du nombre d'espèces récoltées (pourcentage des débarquements par poids entre 2006 et 2010 : poissons de fond = 42 %; poissons pélagiques = 25 %; mollusques et crustacés = 33 %; MPO 2012) et leur valeur annuelle moyenne se situe autour de 300 millions de dollars. La pêche sauvage dans le Pacifique a changé, en partie à cause des déclinés des stocks de saumon observés à

l'échelle de la région et de l'abondance du hareng par rapport aux niveaux plus élevés des années 1980 (Hare *et al.* 1999; Schweigert *et al.* 2010), de l'expansion de la production aquacole et des pêches d'invertébrés, ainsi que de la négociation du partage des prises dans le cadre du règlement des revendications des traités avec les Premières Nations (Pearse et McRae 2004). Certains de ces changements ont également touché les pêches récréatives le long de la côte, qui injectent plus de 120 millions de dollars par an dans l'économie de la Colombie-Britannique (MPO 2010b). Les allocations alimentaires, sociales et rituelles (ASR) des Premières Nations constituent une partie importante des obligations du Ministère dans le GBA du Pacifique. Ces pêches ont lieu dans des zones côtières et territoriales, y compris dans les tronçons supérieurs des principaux cours d'eau. Cette récolte de poissons du Pacifique, protégée par la Constitution, procure aux Premières Nations des avantages importants sur les plans de la subsistance, de la culture et de la société.

La disponibilité d'eaux marines abritées et libres de glace dans le GBA du Pacifique offre des sites adaptés à la production aquacole. Le rôle du MPO dans le domaine de l'aquaculture s'est élargi en Colombie-Britannique en raison de la récente décision de la Cour suprême de la province. À l'heure actuelle, la Colombie-Britannique est la seule province dans laquelle le MPO délivre des permis pour l'aquaculture en tant que pêche. La production de l'aquaculture a augmenté, passant d'une contribution de moins de 5 % du volume total ou de la valeur des pêches à plus de 25 % du volume et 60 % de la valeur au débarquement de tous les produits des pêches. À elle seule, la salmoniculture représente en moyenne 89 % (79 000 tonnes) du volume et 94 % (434 millions de dollars) de la valeur au débarquement totale de tous les poissons d'élevage en Colombie-Britannique (MPO 2012).

Le MPO possède et exploite un certain nombre d'éléments importants des infrastructures dans le GBA du Pacifique, lesquels contribuent à la réalisation des multiples objectifs qui composent le mandat du Ministère. Différents services de la Garde côtière canadienne (GCC) et des Ports pour petits bateaux (PPB) sont essentiels pour assurer la sûreté et la sécurité des côtes en effectuant des interventions environnementales et d'urgence ainsi qu'en fournissant des cours d'eau navigables et des ports pour petits bateaux. En outre, il existe un grand réseau d'installations de mise en valeur des salmonidés (c.-à-d. des écloséries) dans le GBA du Pacifique, qui sont au cœur du maintien des pêches du saumon du Pacifique, gouvernées en partie par des traités établis avec les États-Unis. Les grandes installations marines (c.-à-d. les installations de la direction des Sciences, les phares et maintes autres) et les autres ouvrages en eau douce (c.-à-d. les campements) constituent des investissements importants qui méritent que l'on s'y attarde, mais leur évaluation n'a pas été effectuée au cours de la présente analyse.

Analyse et réponses

Aux fins de cette réunion, on a préparé des documents d'information et d'appui sur les tendances et prévisions climatiques, ainsi que sur les impacts, vulnérabilités et opportunités biologiques et axés sur les infrastructures (*rapports complets à publier*^{3,4}). Les participants ont axé l'évaluation des risques sur la présentation des renseignements de base sous la forme d'un tableau résumé des tendances et des prévisions et de feuilles de résumé des risques pour chacun des six risques susmentionnés. En intégrant leurs connaissances sur chaque risque, les participants ont formulé des avis scientifiques pour l'ensemble du GBA du Pacifique. **Le tableau**

³ Christian, J. R. and Foreman, M.G.G. 2013

⁴ Grand bassin aquatique du Pacifique – Impacts, vulnérabilités et opportunités (titre provisoire, manuscrit non publié)

résumé des tendances et des prévisions (annexe 1) et les six feuilles de résumé des risques (annexes 2 à 7) sont les principaux avis découlant de ce processus.

Tendances et prévisions

Les experts du GBA du Pacifique ont produit des prévisions pour une série de facteurs climatiques à l'aide de modèles climatiques mondiaux ou de modèles océaniques régionaux, (annexe 1). Le premier objectif était d'obtenir des prévisions pour des échelles temporelles de 10 et 50 ans. Toutefois, la nature très variable du climat de l'océan Pacifique Nord-Est ne permet pas d'établir des prévisions à l'échelle de 10 ans, comme on le verra ci-après. Les participants à la réunion ont brièvement examiné le résumé fourni sur les tendances passées des facteurs des changements climatiques. La réunion a surtout porté sur l'étude des données sur les prévisions futures.

Tendances et prévisions dans le GBA du Pacifique

Les tendances et les prévisions sont le fondement de la compréhension des conditions climatiques actuelles et futures. Les observations antérieures permettent de dégager une tendance, même si la durée de la série chronologique des différents paramètres à divers endroits varie. Les prévisions tirées des produits des modèles climatiques partent des hypothèses concernant les futures émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique pour estimer les projections climatiques futures influencée par l'homme. Dans le milieu marin du GBA du Pacifique, la variabilité naturelle observée des facteurs climatiques physiques naturels est importante par rapport à l'augmentation prévue liée au changement anthropique, et ce sur les échelles temporelles de 10 et 50 ans. Cette variabilité naturelle se répercute sur la capacité à établir des prévisions climatiques significatives à des échelles temporelles plus courtes, notamment pour l'environnement marin.

Les extrapolations linéaires des tendances passées donnent les meilleures « prévisions » futures à l'échelle de dix ans, avec les mises en garde suivantes : (a) seules celles qui sont basées sur une série chronologique relativement longue fournissent des tendances fiables et (b) même celles-ci ne constituent que nos meilleures estimations des tendances à long terme auxquelles on a juxtaposé la variabilité imprévisible à court terme. L'incertitude liée à l'extrapolation d'une tendance dépend de la durée du registre des données utilisé pour estimer la tendance et la portée temporelle de l'extrapolation. Sur une échelle de 10 ans, il est possible d'extrapoler des tendances actuelles si le registre des données est suffisamment long (supérieur à 20 et 30 ans). Mais comme il a été précédemment mentionné, la variabilité naturelle dans le GBA du Pacifique dépasse actuellement la composante anthropique. C'est pourquoi nous n'avons pas établi de prévisions pour l'échelle de 10 ans dans le GBA du Pacifique.

Les résultats des modèles climatiques sont la base des prévisions sur 50 ans figurant dans le présent document et l'incertitude reliée à ces projections est tirée de trois sources : (1) le scénario d'émission choisi (les émissions de gaz à effet de serre utilisées sur lequel les modèles sont basés), (2) les erreurs des modèles et (3) la variabilité interne des modèles. Cette dernière est analogue à la variabilité naturelle discutée précédemment. Un bon modèle reproduit les caractéristiques générales de cette variabilité (p. ex., la fréquence et l'ampleur des événements), mais ne peut jamais reproduire exactement le moment où elle a lieu. Par conséquent, les prévisions des modèles sont utiles uniquement lorsque l'on en tire une moyenne sur des périodes plus longues (on utilise généralement 20 à 30 ans). Les prévisions de plusieurs variables importantes ne sont pas résolues à l'échelle du sous-bassin du GBA Pacifique, ce qui fait que les données sur les climats futurs à cette échelle demeurent éparpillées (voir Lacunes dans les connaissances, annexe 1).

Pour les zones d'eau douce, on dispose de prévisions climatiques crédibles aux échelles de 10 et 50 ans pour le GBA du Pacifique (p. ex., PCIC 2012). Les participants ont présenté et évalués des données supplémentaires sur les prévisions de la température de l'air, la température de l'eau, les précipitations, l'écoulement fluvial ainsi que la stratification et les niveaux des lacs pour les zones d'eau douce (annexe 1).

Les changements qui devraient intervenir dans les réseaux d'eau douce, concernant notamment la température de l'eau et l'écoulement fluvial, sont particulièrement importants pour caractériser les impacts sur le saumon du Pacifique et sur les autres espèces anadromes et côtières aux échelles temporelles de 10 et 50 ans. Toutefois, l'objectif de cet exercice était d'évaluer les risques combinés pour les systèmes biologiques, pour toutes les espèces, dans tous les milieux de la région du Pacifique. L'évaluation des risques n'a donc pas tenu compte séparément des prévisions climatiques à 10 et 50 ans dans les systèmes marins et d'eau douce (voir Lacunes dans les connaissances).

Préparation des feuilles de résumé des risques

Nous avons recueilli les données pertinentes sur les impacts, les vulnérabilités et les opportunités de deux manières. Tout d'abord, nous avons mené une étude documentaire (*Web of Science*, ASFA, VAGUES) sur les variations climatiques et les impacts de changements liés aux risques 1 à 3. Cette étude documentaire a permis de compiler les impacts et conséquences potentiels pour les éléments biologiques et infrastructurels pertinents pour le MPO. Elle nous a aussi permis de relever des lacunes dans les connaissances sur les liens concrets (numériques) ou conceptuels entre les prévisions climatiques et les impacts potentiels sur le biote à l'échelle du sous-bassin (mais consulter Harvey 2009; Johannessen et Macdonald 2009; Cheung *et al.* 2010; King *et al.* 2011; Ainsworth *et al.* 2011; Hinch et Martins 2011). Par ailleurs, cette recherche a montré qu'il existe peu de documents traitant des espèces envahissantes et des espèces en péril par rapport aux facteurs du changement climatique applicables au GBA du Pacifique. Ensuite, nous nous sommes appuyés sur des rapports d'experts-conseils pour obtenir des données sur les impacts des changements climatiques sur les éléments des infrastructures. Deux rapports d'experts-conseils ont été produits séparément sur l'aquaculture (Castledine 2012, rapport non publié) et les établissements de mise en valeur des salmonidés (c.-à-d. les écloseries; Lill 2012, rapport non publié). Un rapport publié, consacré aux impacts des changements climatiques sur les ports pour petits bateaux du MPO, a constitué la principale source d'information pour cet élément des infrastructures (AMEC 2011). D'après l'auteur, aucune autre donnée n'a été publiée sur le risque 4 (demande accrue de services d'intervention d'urgence) et le risque 6 (changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau) outre les renseignements trouvés dans Interis (2005, 2012). Les éléments évalués liés aux impacts, vulnérabilités et opportunités pour le GBA du Pacifique figurent dans le tableau 1.

Tableau 1. Éléments évalués dans les feuilles de résumé des risques du GBA du Pacifique.

Élément biologique/infrastructurel
Espèces pêchées commercialement
Niveaux trophiques inférieurs
Mammifères marins
Espèces en péril
Espèces envahissantes
Espèces de passage
Espèces et installations d'aquaculture
Ports pour petits bateaux
Installations de mise en valeur des salmonidés
Recherche et sauvetage, intervention environnementale
Navigabilité des cours d'eau

Feuilles de résumé des risques

Les participants de la Division des sciences, qui sont les principaux experts dans ce domaine, ont examiné six feuilles de résumé des risques décrivant les principaux facteurs de risque liés aux changements climatiques, les conséquences, les opportunités et les lacunes pour chacun des risques associés aux changements climatiques déterminés précédemment par le Ministère (INTERIS 2005, 2012; annexes 2 à 7). Ces feuilles de résumé des risques constituent des avis scientifiques clés pour de futures réunions intégrées avec d'autres secteurs du MPO.

Pendant l'examen des feuilles de résumé des risques, les participants ont utilisé les définitions suivantes :

Facteur de risque : Élément qui, seul ou combiné, a le potentiel intrinsèque d'entraîner un risque.

Conséquence : Résultat d'un événement ayant un impact sur les objectifs, où cet événement est l'occurrence d'un ensemble précis de circonstances ou la modification de cet ensemble de circonstances.

Chaque feuille de résumé des risques mettait en évidence les principaux facteurs de risque et leurs conséquences et est basée sur une combinaison des tendances et prévisions, et des connaissances sur les impacts, vulnérabilités et opportunités reliés à celles-ci. Les facteurs de risque élucide les liens entre les facteurs climatiques des tendances et prévisions et les données IVO (publiées ou opinion-expertes) sur les répercussions climatiques dans le GBA du Pacifique. De plus, nous avons compilé une liste des principales lacunes et opportunités à partir des sources d'information sur les IVO. Il convient de noter que plusieurs des principaux facteurs de risque, conséquences, opportunités et lacunes sont communs aux risques 1, 2 et 3. En

outre, la liste des conséquences, des lacunes et des opportunités préparée pour chaque risque et mise au point en plénière n'est pas exhaustive.

Risque 7 : Risque pour les systèmes de gestion des pêches

Le MPO doit conserver des infrastructures immatérielles importantes pour mener ses activités opérationnelles et scientifiques en milieu marin et en milieu d'eau douce dans le GBA du Pacifique. Les exemples d'infrastructures immatérielles qui s'appliquent à la gestion des pêches comprennent les outils d'évaluation des stocks et les cadres de gestion connexes, la structure du système d'émission des permis de pêche et les politiques correspondantes, l'émission de permis et les cadres réglementaires en aquaculture, la gestion des espèces en péril (programmes et stratégies de rétablissement), les cadres de gestion et de cogestion des pêches alimentaires, sociales, rituelles et commerciales des Premières Nations, la réglementation sur les pêches récréatives et la gestion de la récupération des têtes de salmonidés (en lien avec la Commission du saumon du Pacifique).

En préparation pour l'atelier, une autre feuille de résumé des risques pour étudier le septième risque à la réunion a été dressée. Le risque 7 concerne le risque posé par les changements climatiques pour les infrastructures de gestion des pêches qui sont mises en place et exploitées par le Ministère. La feuille de risque 7 fut élaborée afin de bien montrer que le Ministère doit étudier les divers impacts que les changements climatiques auront sur les outils actuellement utilisés pour prendre les décisions liées à la gestion des pêches. Par exemple, il se peut que les modèles de population spéciaux, qui sont la synthèse cumulée de décennies de travail, ne soient plus adaptés et qu'il faille revoir leur conception à mesure que les écosystèmes changent. Par ailleurs, pour ce qui est de la répartition des espèces, les processus de gestion et la réglementation actuels risquent de ne plus convenir compte tenu des changements et il faudra alors se doter d'outils d'adaptation pour bien gérer les modifications des ressources principales. L'amplification de l'impact des changements climatiques sur l'infrastructure de la gestion des pêches dans le GBA du Pacifique est préoccupante du fait de la nature pélagique des espèces récoltées qui réagissent rapidement aux changements des conditions océaniques.

Les participants ont conclu qu'il était important de souligner les impacts des changements climatiques sur les infrastructures immatérielles dans l'RRS, mais ils n'étaient prêts à entreprendre une évaluation complète du risque 7 à la réunion. De plus, ils ont noté qu'aux fins de cet exercice, les six autres risques couvraient suffisamment les facteurs de risque intervenant dans le risque 7. Donc, bien qu'il ne l'ait pas mentionné dans le présent avis, le groupe a convenu que les futures évaluations des risques devront traiter du risque lié aux changements climatiques pour les systèmes de gestion des pêches et les autres éléments des infrastructures immatérielles qui constituent les outils opérationnels de formulation et d'interprétation des avis scientifiques.

Discussions sur les feuilles de résumé des risques

Les participants ont relevé deux types de lacunes de renseignement dans cette analyse : 1) celles qui découlent d'un manque de recherche fondamentale et 2) celles reliées à des données qui sont existantes mais qui n'ont pas été reprises dans l'analyse. Les feuilles de résumé des risques énumèrent les lacunes dans les données fondamentales qui permettent de déterminer les domaines dans lesquels des recherches importantes sont nécessaires.

Risque pour les ressources biologiques

Au cours de l'examen des risques biologiques (risques 1 à 3), les participants ont soigneusement examiné les facteurs climatiques des tendances et prévisions (c.-à-d. température, salinité) et les ont reliés à un facteur de risque. Les commentaires applicables aux risques 1 à 3 (risques biologiques) comprenaient des discussions portant sur certains inconnus

dont : 1) l'impact de la fonte des glaciers (continentaux) sur la répartition des contaminants; 2) l'incertitude quant à savoir si les éclosions d'efflorescences algales nuisibles sont liées à des facteurs de changements climatiques; 3) l'impact de l'acidification des océans sur les pêches commerciales. Les données sur l'aquaculture étaient incluses dans la mesure où il s'agit d'une pêche gérée par le MPO. Les participants ont indiqué que l'augmentation de la température pose des risques probablement faibles pour l'aquaculture des invertébrés étant donné que la plupart des espèces se trouvent à la limite nord de leur aire de répartition. En revanche, l'acidification accrue pourrait avoir des répercussions graves sur certaines espèces. Ils ont discuté de l'importance de considérer l'acidification des océans comme un facteur de changement distinct, puisqu'il s'agit d'une conséquence indirecte des changements climatiques.

Les participants ont demandé que la définition d'une « espèce de passage » soit reproduite dans l'avis.

Espèce de passage : Espèce dont la présence temporaire dans un plan d'eau ou une région biogéographique en dehors de son aire de répartition naturelle est due à des conditions climatiques inhabituelles (p. ex., El Niño) ou à des incursions comportementales. Par définition, une population de passage n'est pas établie (Lee *et al.* 2008). Dans certains cas, comme les populations d'orques de passage, cette définition ne s'applique pas.

Risque pour les infrastructures matérielles

Deux représentants de la GCC qui participaient à la réunion ont fourni des données qui ont permis de réviser et de créer des énoncés de risque pour les risques qui génèrent une demande accrue de services d'intervention d'urgence (risque 4) et des changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau (risque 6). Pendant l'examen du risque 4, les participants ont noté que les données sur la fréquence (actuelle et future) des tempêtes n'étaient pas comprises dans l'évaluation. Les experts dans ce domaine ont indiqué que les analyses en cours à ce sujet n'étaient pas disponibles au moment de la réunion. La GCC a répondu à une remarque concernant le manque de données sur les prévisions océaniques dans les eaux continentales en expliquant qu'elle ne mène pas d'activités de recherche et sauvetage dans les eaux intérieures et que sa responsabilité est limitée pour ce qui est des interventions d'urgence en eau douce. Contrairement aux autres GBA, il n'y a pas de glace de mer ou d'icebergs dans le GBA du Pacifique.

L'examen des risques décrits sur la feuille de résumé du risque 5 concernant les dommages aux infrastructures a permis de supprimer une menace liée à l'aquaculture, puisque les responsabilités du Ministère ne s'étendent pas aux infrastructures des sites aquacoles. On a ajouté un facteur de risque de salissure marine pour répondre à la préoccupation relative au risque pour les prises d'eau et les navires utilisés dans les sites aquacoles. Les participants ont noté que de tels vecteurs pouvaient aggraver cette menace en dispersant les espèces envahissantes responsables des salissures marines.

Évaluation des risques

Nous nous sommes servis des feuilles révisées de résumé des risques pour évaluer les impacts des changements climatiques sur chacun des six risques concernant le Ministère. Les participants ont également évalué pour chacun des risques la probabilité que l'impact amalgamé de tous les facteurs de risque se présente à l'échelle de 10 ou 50 ans.

Après avoir passé en revue les feuilles de résumé des risques, les participants ont mené, au moyen de critères prédéterminés (annexe 8), un processus officiel visant à évaluer le risque auquel le Ministère est exposé. À l'aide du logiciel BPS Resolver Ballot (version 7.2.0.20), les participants ont voté sur le niveau de l'impact de chaque risque pour le Ministère et sur la probabilité que cet impact se présente a) d'ici 10 ans, et b) d'ici 50 ans. Ils ont ainsi coté l'impact

comme *extrême, très élevé, moyen, faible* ou *négligeable* selon des critères d'évaluation établis qui décrivent les conditions que les divers niveaux d'impact causeraient pour le Ministère (annexe 8). La probabilité que l'impact se présente d'ici 10 ou 50 ans a été évaluée comme étant *presque certaine, probable, modérée, peu probable* ou *rare* (annexe 8). Le lecteur doit noter que les définitions d'impact et de probabilité utilisées dans le présent document sont différentes des définitions plus courantes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Pour voter, les participants se sont servis d'une échelle de probabilité sous forme de pourcentage pour évaluer les différences entre les catégories de probabilité. Cette échelle a été convertie en une plage de probabilités à reproduire sur des cartes des points chauds. On a supposé que l'impact est le même dans les deux horizons de temps. Nous avons donc voté une seule fois sur le classement de l'impact pour chaque risque et seule la probabilité de l'occurrence a changé entre les horizons de 10 et 50 ans. Le vote était anonyme.

Il y a eu six ensembles de résultats, un pour chacun des six risques ministériels déterminés. L'examen des résultats du vote s'est déroulé en plénière. Les participants ont discuté des résultats et, dans les cas où ils n'étaient pas du tout d'accord, ils ont voté à nouveau. Les résultats supposaient que l'impact était indépendant de la probabilité.

Les participants ont noté plusieurs hypothèses avant d'évaluer les risques :

- L'évaluation reposait sur les meilleures connaissances du Secteur des sciences à la disposition des participants au moment de la réunion.
- Aucune nouvelle atténuation des risques n'interviendra d'ici 10 ou 50 ans.
- Plusieurs des facteurs de risque comprennent une variabilité spatiale ou temporelle inhérente.
- L'évaluation des risques non biologiques (risques 4 à 6) a été réalisée avec une contribution limitée d'experts techniques.

Résultats du vote sur les différents risques

Les participants, en tant que représentants du groupe et de son niveau d'expertise, ont accepté les résultats du vote pour chaque risque. Ils ont procédé à un deuxième vote une fois après discussion pour le risque 5 (voir ci-après).

La majorité des participants a estimé que l'impact des risques biologiques (risques 1, 2 et 3) pour le Ministère était très élevé (figure 2). Les facteurs de risque associés à ces catégories de risques comprenaient presque tous les facteurs des TP (annexe 1).

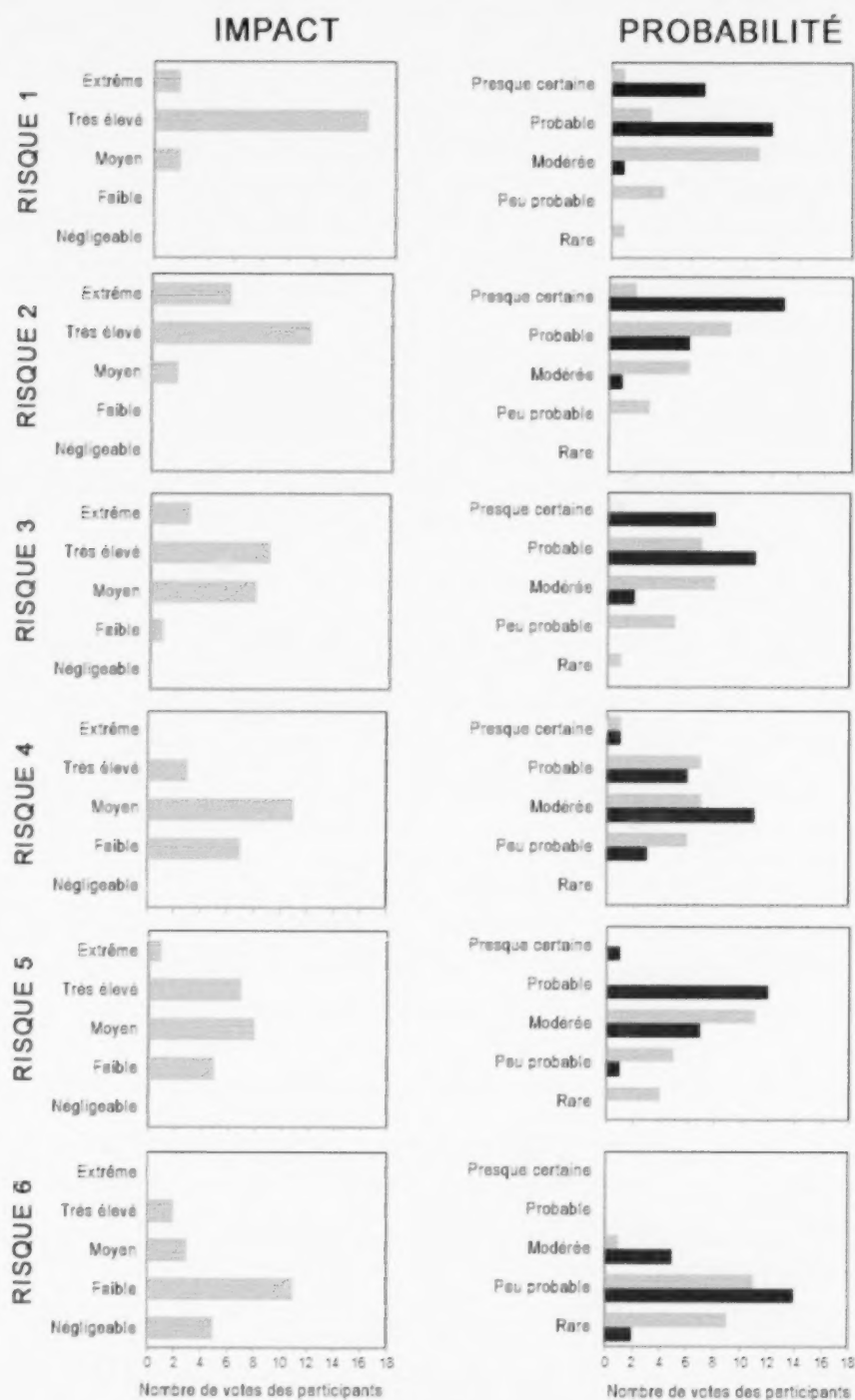


Figure 2. Résultats du classement de l'impact et de la probabilité déterminé par les participants au cours de la réunion, à l'aide des critères décrits à l'annexe 8. Pour la probabilité, les barres grises indiquent la probabilité sur une période de 10 ans et les barres noires sur une période de 50 ans. La taille de l'échantillon aux fins de vote était $n=20$ et $n=21$ pour les risques 1 et 2 et les risques 3 à 6 respectivement.

La probabilité que l'impact évalué des risques biologiques se présente d'ici 10 et 50 ans était différente entre les deux horizons de temps. On a également constaté de légères différences entre les risques biologiques (risques 1, 2 et 3). Pour l'évaluation sur 10 ans, la probabilité pour les trois risques a montré des résultats plus variés, même si les réponses les plus courantes étaient « modérée » et « probable » (voir la figure 2). Les réponses pour la probabilité d'ici 50 ans étaient surtout « presque certaine » et « probable » (voir la figure 2).

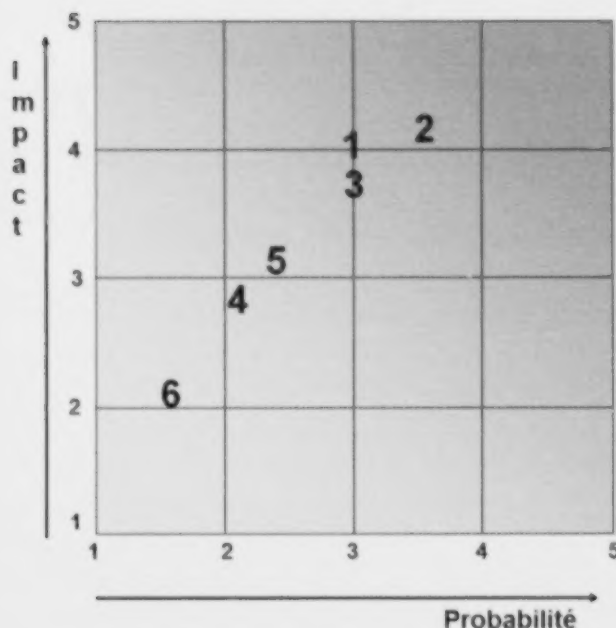
Pour les catégories de risque liées aux éléments des infrastructures (risques 4 à 6), le vote sur l'impact a montré que les participants ont estimé que l'impact de ces risques pour le Ministère était plus faible que les impacts des éléments biologiques. Les participants ont évalué que l'impact de la demande accrue de services d'intervention d'urgence et des dommages aux infrastructures (risques 4 et 5 respectivement) était « moyen » et que l'impact des changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité (risque 6) était « faible ».

Les votes sur la probabilité de l'impact sur les infrastructures (risques 4, 5 et 6; voir la figure 2) ont indiqué que la probabilité était de « probable » à « modérée » pour les deux périodes. Il a fallu procéder à un second vote sur la probabilité des dommages aux infrastructures (risque 5) après que les participants de la GCC ont déclaré que les résultats du vote initial ne leur semblaient pas coïncider avec leurs connaissances. Les participants ont été informés que les conséquences du risque 5 se font déjà sentir, en particulier dans les phares du fleuve Fraser. La GCC estime que ces impacts continueront de se produire et empireront rapidement. Les résultats du deuxième vote après discussion se sont avérés légèrement différents, mais indiquaient encore la probabilité d'ici 10 ans comme « modérée ». Les participants ont estimé que la probabilité du risque 5 d'ici 50 ans était « probable ». « Peu probable » était la réponse dominante pour la probabilité de changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau (risque 6) pour les périodes de 10 et 50 ans.

Cartes des points chauds des risques

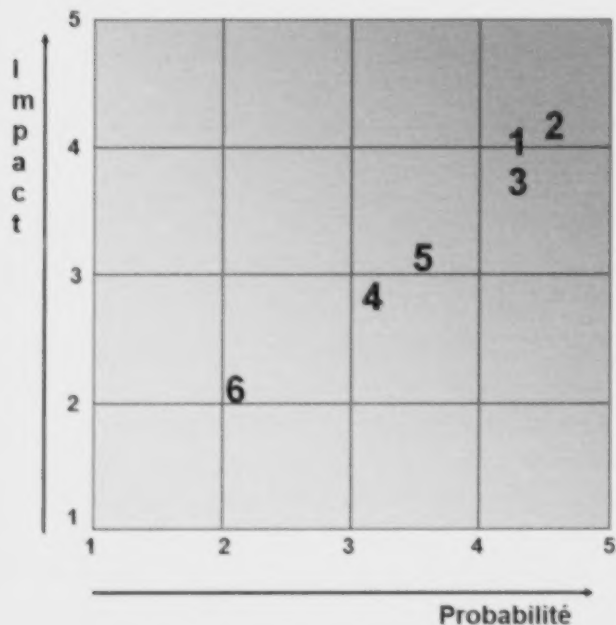
À l'aide du logiciel Ballot, nous avons préparé des cartes des points chauds pour analyser les résultats du vote. Elles situent l'impact perçu de chaque risque par rapport à la probabilité estimée que l'impact se produise aux échelles de 10 et 50 ans (voir les figures 3 et 4).

Dans l'ensemble, les participants ont classé le risque pour les éléments biologiques comme étant plus élevé que le risque pour les éléments des infrastructures. Ils ont classé le risque 2, changements relatifs aux ressources biologiques, comme ayant la plus grande exposition au risque, c'est-à-dire comme présentant l'impact et la probabilité d'occurrence les plus élevés pour le Ministère aux deux échelles temporelles (voir les figures 3 et 4). L'évaluation a indiqué que les risques de dégradation des écosystèmes et des pêches, et les dommages causés à ceux-ci (risque 1), et de la réorganisation et le déplacement des espèces (risque 3) sont plus élevés que les autres risques. Les participants ont attribué la plus faible exposition au risque dans les deux échelles temporelles au risque 6, changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau. Dans les catégories des risques à l'infrastructure, les dommages aux infrastructures (risque 5) représentent le risque le plus élevé pour le Ministère. Les cartes des points chauds montrent que pour toutes les catégories de risque, la probabilité augmente entre l'échelle de 10 ans et celle de 50 ans (voir les figures 3 et 4).

**Six risques pour le Ministère**

- 1) Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommages causés à ceux-ci
- 2) Changements relatifs aux ressources biologiques
- 3) Réorganisation et déplacement des espèces
- 4) Demande accrue de services d'intervention d'urgence
- 5) Dommages aux infrastructures
- 6) Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau

Figure 3. Carte des points chauds montrant l'impact des six risques pour le Ministère par rapport à leur probabilité sur l'échelle de 10 ans dans le GBA du Pacifique. Voir les critères de classement à l'annexe 8.

**Six risques pour le Ministère**

- 1) Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommages causés à ceux-ci
- 2) Changements relatifs aux ressources biologiques
- 3) Réorganisation et déplacement des espèces
- 4) Demande accrue de services d'intervention d'urgence
- 5) Dommages aux infrastructures
- 6) Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau

Figure 4. Carte des points chauds montrant l'impact des six risques pour le Ministère par rapport à leur probabilité sur l'échelle de 50 ans dans le GBA du Pacifique. Voir les critères de classement à l'annexe 8.

Conséquences et opportunités déterminées pour le Ministère

En examinant les feuilles de résumé des risques, les participants devaient aussi déterminer et préciser plusieurs conséquences et opportunités liées aux changements climatiques prévus dans le GBA du Pacifique (annexes 2 à 7). Le tableau 2 décrit quelques-unes des conséquences pour les catégories des risques biologiques et des risques à l'infrastructure.

Tableau 2. Liste abrégée des conséquences et des opportunités déterminées pour les risques biologiques (risques 1 à 3) et les risques pour les infrastructures matérielles (risques 4 à 6).

	Conséquences	Opportunités
Risques biologiques	<ul style="list-style-type: none"> – Modification de la productivité du fait des changements dans les interactions trophiques et l'habitat essentiel. – Réduction spatio-dépendante de l'abondance résultant des changements dans le recrutement et la croissance. – Modification de la répartition et de la disponibilité de l'habitat. – Modification de la répartition et de l'abondance des organismes marins. – Réorganisation des assemblages d'espèces, due au fait que les espèces interagissent à un rythme différent avec les conditions changeantes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Augmentations possibles du rendement de plusieurs espèces commerciales importantes. – Amélioration possible de l'utilisation des principales espèces aquacoles (invertébrés) en raison de l'expansion de l'habitat approprié. – Réduction possible de la prévalence parasitaire dans les zones littorales.
Risques pour l'infrastructure matérielle	<ul style="list-style-type: none"> – Utilisation restreinte, réaffectation des ressources de recherche et sauvetage résultant en une capacité d'intervention amoindrie. – Relocalisation des installations. – Infrastructures inappropriées ou inefficaces. – Interruption de la navigation. 	<ul style="list-style-type: none"> – Occasion de travailler avec d'autres ministères afin d'améliorer la prévisibilité et les prévisions climatiques. – Amélioration potentielle de l'accès et de la navigabilité dans certaines zones.

Lacunes dans les connaissances

Ce processus n'a pas permis d'examiner ou de décrire complètement les lacunes dans les connaissances sur les impacts des changements climatiques. Les participants ont relevé de vastes lacunes qui, dans certains cas, se sont avérées des lacunes très importantes dans les connaissances, les ressources, les observations et la capacité des modèles actuels à projeter les changements futurs à l'échelle du GBA. Un manque de connaissances sur les facteurs climatiques et les composantes des écosystèmes dans certains sous-bassins du GBA du Pacifique (p. ex., le golfe d'Alaska, la CNP) et les réseaux d'eau douce adjacents se traduit par d'importantes inconnues dans le GBA. Ces lacunes fondamentales affaiblissent la capacité du Ministère à s'adapter aux changements climatiques.

Les lacunes dans les connaissances relevées dans ce document révèlent que le Ministère est plus vulnérable aux impacts des changements climatiques que les conclusions de l'évaluation des risques ne le montrent. Cet exercice était axé sur l'élaboration de voies conceptuelles qui explorent les impacts des changements climatiques futurs sur le mandat du MPO. L'évaluation n'a pas pris en compte l'interaction cumulative des facteurs climatiques, ni l'interaction de plusieurs facteurs sur les écosystèmes ou les infrastructures. Les participants n'ont pas étudié l'incertitude liée aux facteurs de risque qui furent acceptés. Ils n'ont pas non plus évalué la variation de l'incertitude entre les facteurs de risque lorsqu'ils ont voté, car la conception de l'évaluation ne le leur permettait pas. Il ressort de la discussion sur le risque 7 que le Ministère pourrait proposer d'examiner les risques pesant sur les processus de gestion et les outils décisionnels utilisés pour gérer les impacts des changements climatiques. Les participants ont insisté sur le fait que la recherche axée sur les impacts des changements climatiques sur les ressources biologiques et les infrastructures continuera de révéler de nouvelles lacunes dans les connaissances.

Enfin, on ne recommande pas de regrouper les risques entre les composantes géographiques du GBA du Pacifique (eau douce et milieu marin) dans les futures évaluations des risques car les facteurs climatiques et les impacts dans ces milieux présentent un contraste important masqué par l'analyse actuelle. De plus, les différences entre les sous-bassins et le besoin de trouver des solutions d'adaptation locale apparaîtront probablement à mesure que le PSACCMA sera mis en place.

Prochaines étapes et recommandations

La présente évaluation a produit des données de haut niveau sur les impacts prévus des changements climatiques sur certains aspects des écosystèmes, des espèces et des infrastructures qui relèvent du MPO. Néanmoins, pour prendre des décisions éclairées en matière de gestion des risques et d'adaptation, le Ministère doit harmoniser la variabilité spatiale projetée des facteurs de changements climatiques et des impacts sur les écosystèmes avec la répartition des ressources et les infrastructures placées sous sa responsabilité. Les participants ont recommandé d'affiner les évaluations des risques à l'avenir, lorsque l'on disposera de données suffisantes.

Il sera essentiel de poursuivre l'élaboration des modèles régionaux de prévisions basés sur les modèles mondiaux afin de gérer tous les impacts climatiques qui auront probablement une incidence sur les activités du Ministère dans le GBA du Pacifique.

Conclusions

L'ensemble de l'évaluation des risques pour le GBA du Pacifique a reposé sur les données des tendances et prévisions (TP) et des impacts, vulnérabilités et opportunités (IVO).

Les participants ont examiné toutes les tendances et prévisions climatiques, ainsi que les feuilles de résumé des risques comprenant les facteurs de risque. Des évaluations de suivi qui auront lieu pourraient adopter une approche d'inventaire (plutôt qu'une étude documentaire) pour déterminer et établir les impacts, vulnérabilités et opportunités, ainsi que les lacunes. Les participants ont suggéré de préciser davantage les définitions et le contexte de chaque risque en reprenant les thèmes et les lacunes mentionnés dans la présente évaluation du GBA. Pour ce faire, on pourrait examiner les risques que présentent les changements climatiques pour les infrastructures immatérielles qui relèvent du MPO.

Les résultats de cette réunion indiquent que ce sont les impacts biologiques découlant des changements climatiques dans le GBA du Pacifique qui présentent les risques les plus élevés

pour le Ministère, notamment la dégradation des écosystèmes et les dommages causés à ceux-ci. Les résultats de la présente évaluation informeront les ateliers de gestion intégrée des risques des changements climatiques. Ces ateliers permettront de prioriser les risques à l'échelle plus vaste des activités ministérielles. L'évaluation des risques du PSACCMA est un processus itératif. Pour accroître la fiabilité des évaluations, il faudra reprendre les données tirées des réunions des secteurs planifiées et intégrées, ainsi que des documents TP et IVO régionaux officiels, et inviter davantage d'experts scientifiques et techniques à d'autres réunions consultatives scientifiques sur l'évaluation des risques (c.-à-d. augmenter la taille de l'échantillon aux fins de vote, élargir l'expérience et l'expertise).

Collaborateurs de la Région du Pacifique

Nom	Affiliation
Robin Brown (coprésident)	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Wendy Callendar	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Kevin Carrigan	MPO, Garde côtière canadienne, Région du Pacifique
Peter Chandler	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Joël Chassé	MPO, Secteur des sciences, Région du Golfe
Jim Christian	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Wayne Dutchak	MPO, Garde côtière canadienne, Région du Pacifique
Mike Foreman	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Marie-Claude Fortin	Secteur des sciences du MPO, Région de la capitale nationale
Graham Gillespie	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Karen Hunter	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Kim Hyatt	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Jackie King	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Gary Krogfoss	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Dave Mackas	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
John Morrison	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Gilles Olivier (coprésident)	Conseiller en gestion du risque, Région de la capitale nationale
Chris Pearce	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Pierre Pepin	Secteur des sciences du MPO, Région de Terre-Neuve
Patricia Ramlal	Secteur des sciences du MPO, Région du Centre et de l'Arctique
Jake Schweigert	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Dan Selbie	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Darlene Smith	Secteur des sciences du MPO, Région de la capitale nationale
Tom Therriault	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique

Approuvé par

Helen Joseph, directrice, Océanographie et climat, Secteur des sciences des écosystèmes, Ottawa, Ontario (approuvé mai 2013).

Ouvrages cités

- Ainsworth, C.H., Samhouri, J.F., Busch, D.S., Cheung, W.W.L., Dunne, J., and Okey, T.A. 2011. Potential impacts of climate change on Northeast Pacific marine foodwebs and fisheries. *Ices Journal of Marine Science* 68(6): 1217-1229.
- AMEC Environment and Infrastructure. 2011. Small Craft Harbours Climate Change Study. Préparé pour Pêches et Océans Canada, Direction générale des ports pour petits bateaux. 64 p.
- Beamish, R.J., and Bouillon, D.R. 1999. Pacific salmon production trends in relation to climate. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50(5): 1002-1016.
- Castledine, A. 2012. Potential Impacts of Climate Change and Variation on Marine Aquaculture in British Columbia. Rapport inédit préparé pour Pêches et Océans Canada par Al Castledine. 54 p.
- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Zeller, D., and Pauly, D. 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology* 16(1): 24-35.
- MPO. 2012. Statistiques de la pêche commerciale. Pêches et Océans Canada. (consulté le 14 juin 2012)
- MPO. 2011. État de l'océan Pacifique 2010. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/032.
- MPO. 2010a. État de l'océan Pacifique 2009. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/034.
- MPO. 2010b. Pêches et Océans Canada, Enquête de 2010 sur la pêche récréative. (consulté le 3 décembre 2012)
- MPO. 2009. État de l'océan Pacifique 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/030.
- MPO. 2008. État de l'océan Pacifique 2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2008/028.
- MPO. 2007. État de l'océan Pacifique 2006. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2007/019.
- MPO. 2006. State of the Pacific Ocean 2005. DFO Sci. Ocean Status Report. 2006/001.
- Hare, S.R., Mantua, N.J., and Francis, R.C. 1999. Inverse production regimes: Alaska and West Coast Pacific salmon. *Fisheries* 24: 6-14.
- Harvey, C.J. 2009. Effects of temperature change on demersal fishes in the California Current: a bioenergetics approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66(9): 1449-1461.
- Hinch, S.G., and Martins, E.G. 2011. A Review of Potential Climate Change Effects on Survival of Fraser River Sockeye Salmon and an Analysis of Interannual Trends in En Route Loss and Pre-spawn Mortality. Cohen Commission technical report 9.
- Interis. 2005. Climate Change Risk Assessment for Fisheries and Oceans Canada. Manuscrit inédit, Interis Consulting Inc. Ottawa.
- Interis. 2012. National Climate Change Risk Profile – 2012 Update. Manuscrit inédit, Interis Consulting Inc. Ottawa.

- Johannessen, S.C., and Macdonald, R.W. 2009. Effects of local and global change on an inland sea: the Strait of Georgia, British Columbia, Canada. *Climate Research* 40(1): 1-21.
- King, J.R., Agostini, V.N., Harvey, C.J., McFarlane, G.A., Foreman, M.G.G., Overland, J.E., Di Lorenzo, E., Bond, N.A., and Aydin, K.Y. 2011. Climate forcing and the California Current ecosystem. *Ices Journal of Marine Science* 68(6): 1199-1216.
- King, J.R., and McFarlane, G.A. 2003. Marine fish life history strategies: applications to fishery management. *Fisheries Management and Ecology* 10(4): 249-264.
- Lee, H., Reusser, D., Ranelletti, M., and Nehmer, R. 2008. User Guide for the PICES Nonindigenous Species Information System Templates, Vers. gamma. Newport (OR), États-Unis.
- Lill, A. 2012. Risk/Vulnerability Assessment of Major1 Salmonid Enhancement Program (SEP) facilities in British Columbia and Yukon to climate variation and change (CVC) effects. Rapport inédit préparé pour Pêches et Océans Canada par Al Lill & Associates. 106 p.
- Mackas, D.L., Batten, S., and Trudel, M. 2007. Effects on zooplankton of a warmer ocean: Recent evidence from the Northeast Pacific. *Progress in Oceanography* 75(2): 223-252.
- Masson, D. 2006. Seasonal water mass analysis for the Straits of Juan de Fuca and Georgia. *Atmosphere-Ocean* 44: 1-15.
- Morrison, J., Quick, M.C., and Foreman, M.G.G. 2002. Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections. *Journal of Hydrology* 263(1-4): 230-244.
- [PCIC] Pacific Climate Impacts Consortium. 2012. [Pacific Climate Impacts Consortium data and tools](#).
- Pearse, P., and McRae, D. 2004. *Treaties and Transition* April 2004. (consulté le 12 décembre 2012)
- Schweigert, J.F., Boldt, J.L., Flostrand, L., and Cleary, J.S. 2010. A review of factors limiting recovery of Pacific herring stocks in Canada. *ICES Journal of Marine Science* 67: 1903-1913.
- Thomson, R.E. 1981. Oceanography of the British Columbia coast. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 56: 291 p.
- Tillmann, P., and Siemann, D. Climate Change Effects and Adaptation Approaches in Freshwater Aquatic and Riparian Ecosystems of the North Pacific Landscape Conservation Cooperative Region: A Compilation of Scientific Literature. Phase 1 Draft Final Report. National Wildlife Federation – Pacific Region, Seattle (WA). Août 2011.
- Ware, D.M., and Thomson, R.E. 2005. Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the northeast Pacific. *Science* 308(5726): 1280-1284.
- Whitfield, P.H., and Cannon, A.J. 2000. Recent variations in climate and hydrology in Canada. *Can. Water Resour. J.* 25: 19-65.

Annexe 1 Tableau récapitulatif des tendances et prévisions pour le GBA du Pacifique.

Processus atmosphériques et précipitations

Facteurs de risque (variables)	Tendances observées dans les conditions passées ¹	Prévisions climatiques pour les 50 prochaines années
Température de l'air	La température de l'air moyenne annuelle a augmenté à un taux de ~0,1°C par décennie, avec des augmentations plus élevées en hiver, dans les sous-bassins du DG ² et de la COIV. Dans le sous-bassin de la CNP, le taux d'augmentation est de 0,1-0,15°C par décennie en hiver et au printemps et négligeable en été.	Une augmentation de la température de l'air annuelle de 1 à 3°C est prévue pour les régions côtières, avec des températures hivernales au plus haut niveau de cette plage et des températures estivales au niveau le plus bas. On prévoit une augmentation de la température moyenne annuelle de ~3°C dans les régions de haute mer au large des côtes. Les températures continentales intérieures qui ont une incidence sur les écosystèmes d'eau douce augmenteront de 3 à 5°C.
Précipitations	Dans les sous-régions du DG et de la COIV, les précipitations annuelles ont augmenté de 25 à 50 % depuis 1930, les augmentations les plus fortes intervenant en hiver et au printemps. Dans le sous-bassin de la CNP, l'augmentation est légèrement plus faible et se fait surtout sentir en hiver.	Le réchauffement de l'atmosphère entraîne des précipitations accrues à l'échelle mondiale, mais augmente les phénomènes de sécheresse à l'intérieur des terres. Dans les terres, il y aura plus de précipitations sous forme de pluie plutôt que de neige, ce qui se traduira par un pic des eaux de ruissellement légèrement plus tôt au printemps. D'après les prévisions, les précipitations seront plus importantes en hiver et plus faibles en été dans la plupart des régions côtières. Les précipitations sur les eaux de haute mer devraient augmenter légèrement.
Vents de remontée	Les vents au large des côtes de la Colombie-Britannique favorisent la remontée des eaux en été et la descente des eaux en hiver. Dans la région de la COIV, la tendance récente montre des vents de descente plus forts en hiver et une saison plus courte de vents de remontée en été, mais avec des vents légèrement plus forts. Dans le sous-bassin de la CNP, la tendance est similaire mais sans le renforcement du vent en été. Dans le détroit de Georgie, les vents semblent avoir légèrement diminué à la fin du 20 ^e siècle.	Les vents au large des côtes de la Colombie-Britannique favorisent la remontée des eaux en été et la descente des eaux en hiver. D'après les prévisions, on peut s'attendre à des vents légèrement plus forts en été et en hiver (COIV) ou à des vents de descente en hiver et de remontée en été de force similaire, mais sur une durée légèrement plus courte (CNP). Aucune projection vraiment fiable n'est disponible pour le GA et le DG.
Débit fluvial	Le moment du pic du débit du fleuve Fraser avance d'environ 10 jours par siècle, tandis que le débit annuel total reste à peu près le même. Les températures des rivières en été augmentent d'environ 1,2°C par siècle.	Le débit fluvial devrait diminuer d'environ 10 % de juin à août et augmenter de 10 % à d'autres moments de l'année dans le DG. Le profil saisonnier est similaire dans d'autres sous-bassins côtiers, mais la diminution en été est moins marquée.

Eau et sédiments

Facteurs de risque (variables)	Tendances observées dans les conditions passées ¹	Prévisions climatiques pour les 50 prochaines années
Température de l'eau	Dans les eaux libres du GA, la tendance récente montre un réchauffement à un taux pouvant atteindre 1°C par siècle à la surface, qui redescend à zéro à une profondeur de 500 m. Dans les régions côtières, l'augmentation des températures à la surface se situe entre 0,51°C et 0,72°C par siècle sur l'île Kains et entre 1,39°C et 0,52°C par siècle sur l'île Entrance.	La température de la surface de la mer devrait augmenter de 1,5°C à 2°C, sauf en été sur la COIV où la remontée des eaux accrue réduira le réchauffement global de moitié environ. On s'attend à un réchauffement moindre dans les couches inférieures.
Salinité à la surface de la mer (ppm)	Dans les eaux libres du GA, la tendance récente montre un rafraîchissement (salinité réduite) à un taux pouvant atteindre 2 ppm par siècle à la surface, qui redescend à zéro à une profondeur de 100 m. Dans les régions côtières, les tendances de la salinité à la surface se situent entre - 0,47 ppm et 0,49 ppm par siècle sur l'île Kains et entre - 0,76 et 0,53 ppm par siècle sur l'île Entrance.	La salinité à la surface de la mer chutera de 0,25 ppm à 0,3 ppm dans le GA, cette diminution pouvant aller jusqu'à 1 ppm dans les sous-bassins côtiers. Toutefois, la variation saisonnière est considérable. Dans le DG, la salinité à la surface de la mer pourrait augmenter de 5 ppm à cause des précipitations plus faibles et des eaux de ruissellement. Sur la COIV, elle augmentera en hiver en raison des vents de descente plus forts et du rétrécissement du courant côtier relativement frais. Dans la CNP, elle diminuera probablement de ~1 ppm en été et à l'automne, sans changement notable en hiver et au printemps.
Stratification	Dans les eaux libres du GA, la tendance récente est à une stratification plus accentuée avec une augmentation de la différence de densité entre les eaux de surface et hypodermiques pouvant atteindre 0,5 kg/m ³ par siècle.	On constate également une stratification plus importante dans le détroit de Juan de Fuca au printemps et en été, ainsi que dans les eaux libres du GA. La profondeur de la couche de mélange pourrait augmenter légèrement au large de la côte ouest d'Haida Gwaii dans la CNP. Les changements observés dans la stratification des lacs à des latitudes tempérées et élevées devraient continuer.
Courants	On n'a aucune preuve de changements systématiques de la circulation dans les eaux libres du GA.	Le courant côtier de l'île de Vancouver est plus étroit, plus profond et plus fort la plupart des saisons. Les courants de surface pourraient être plus forts dans le détroit de Juan de Fuca en été. Les tourbillons à Haida pourraient être plus forts et plus cohérents, voire plus nombreux.
Variations du niveau des lacs et de la mer	Au cours des 50 dernières années, le niveau de la mer a monté de 3,1 cm à Victoria et de 2 cm à Vancouver. À Tofino, il a baissé de 8,4 cm au cours de la même période, tandis qu'à Prince Rupert, il a monté de 10 cm en 77 ans. Les écarts locaux de la hausse du niveau de la mer par rapport à la moyenne mondiale sont probablement faibles, sauf lorsqu'ils sont associés au mouvement isostatique de la terre, ce qui est vraisemblablement le cas dans de nombreuses régions de la Colombie-Britannique.	Les écarts locaux de la hausse du niveau de la mer par rapport à la moyenne mondiale sont très incertains, et sont probablement faibles (< 5 cm) s'ils se produisent. On prévoit une augmentation de la moyenne mondiale de ~30 cm. Il s'agit d'une limite inférieure, car elle ne tient pas compte de la perte accélérée de la masse glaciaire. La limite supérieure pourrait être considérablement plus élevée. Les changements des bilans hydrologiques des lacs (évaporation, évapotranspiration, eau de fonte glaciaire, manteau neigeux) devraient se traduire par des altérations du niveau saisonnier des lacs.

Facteurs de risque (variables)	Tendances observées dans les conditions passées ¹	Prévisions climatiques pour les 50 prochaines années
Acidification	Les tendances récentes observées à d'autres endroits montrent une baisse du pH des eaux de surface d'environ 0,0017 par an et de la saturation de l'aragonite de 0,007 par an. Les écarts par rapport à la moyenne mondiale devraient être faibles dans les eaux de surface, mais pourraient être marqués dans la thermocline. Du fait des problèmes d'alcalinité rencontrés au début de l'échantillonnage pour le programme de la ligne P, peu de données ont été enregistrées, mais on surveille les tendances actuelles et permanentes.	Le pH de la couche superficielle des océans baisse de 0,13 et la saturation de l'aragonite de 0,29 à la densité superficielle de 1026,6 kg/m ³ . Ce système isopycnique (c.-à-d. la surface de l'eau qui a constamment une densité de 1026,6 kg/m ³) a été choisi pour représenter la principale thermocline du GA. Il représente également les eaux susceptibles d'avoir une incidence sur le plateau continental de la Colombie-Britannique. La tendance du pH des eaux de surface devrait être proche de la moyenne mondiale pour les eaux de haute mer, mais les écarts locaux par rapport à la tendance mondiale dans les eaux côtières ne sont pas encore connus.
Concentration en oxygène	Dans les sous-régions côtières, la concentration en oxygène a baissé de ~0,5 µmol/kg/an entre 1960 et 2012. On constate une réduction similaire dans les eaux libres du GA, avec une densité comprise entre 1026,3 et 1027 kg/m ³ (à une profondeur de 100 à 400 m).	La concentration en oxygène diminuera de ~36 µmol/kg à la densité superficielle de 1026,6 kg/m ³ dans les eaux libres du GA. L'appauvrissement en oxygène des eaux profondes des lacs devrait devenir de plus en plus fréquent dans certaines régions.
Nutriments	Dans les eaux libres du GA, on observe une faible tendance à l'augmentation dans la concentration en nitrate de la thermocline, d'environ 0,13 µmol/kg/an à une profondeur de 150 m (1956-2011).	Aucun changement important de la concentration en nitrate dans les eaux de surface n'est prévu dans le GA. Dans les écosystèmes d'eau douce, on prévoit des changements dans le mouvement des éléments nutritifs limitants.

¹Définitions fournies par le groupe des tendances et des prévisions du PSACCMA du Pacifique

Une tendance est basée sur des observations passées et la durée des enregistrements d'observation varie. Une projection est estimée à partir des produits du modèle climatique selon les hypothèses concernant les émissions de gaz à effet de serre anthropiques. Nous faisons des prévisions seulement pour l'échelle temporelle de 50 ans en raison de certaines caractéristiques uniques du climat du Pacifique Nord décrites ci-dessous.

Étant donné la grande variabilité interannuelle et interdécennale du climat du Pacifique Nord par rapport aux tendances séculaires, le modèle climatique ne permet pas de générer des prévisions sur l'échelle de dix ans. De plus, on ne peut pas considérer que les tendances basées sur moins de 20 à 30 années de données représentent les tendances à plus long terme.

Ce sont donc les extrapolations linéaires des tendances passées qui donnent les meilleures prévisions sur dix ans, avec les mises en garde suivantes : (a) seules celles qui sont basées sur une série chronologique relativement longue fournissent des tendances fiables et (b) même celles-ci ne constituent que nos meilleures estimations de la tendance à long terme auxquelles on a juxtaposé la variabilité imprévisible à court terme et elles ne sont pas exhaustives.

²Abréviations

COIV = Côte ouest de l'île de Vancouver
 CNP = Côte nord du Pacifique
 DG = Détroit de Georgie
 GA = Golfe de l'Alaska

Annexe 2

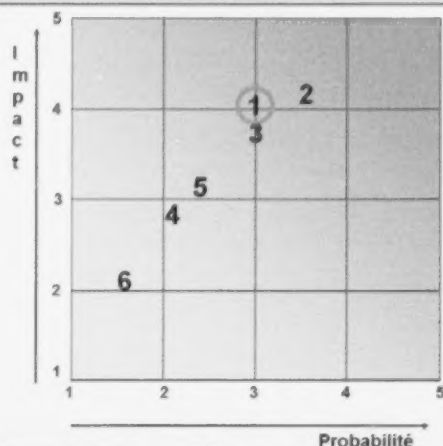
Feuille de résumé du risque de dégradation des écosystèmes et des pêches et de dommages causés à ceux-ci (risque 1) pour le GBA du Pacifique. Chaque groupe de facteurs de risque principaux (colonne de gauche) correspond au groupe d'opportunités ou conséquences possibles (colonne de droite).

Grand bassin aquatique du Pacifique

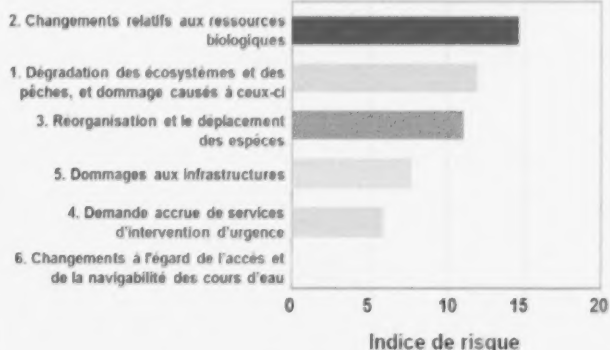
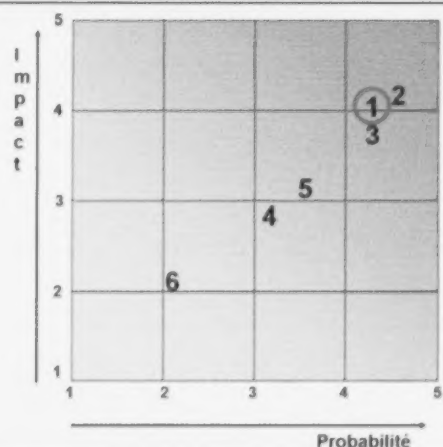
Risque 1 : Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommages causés à ceux-ci

Énoncé du risque : Les changements climatiques risquent d'avoir un impact sur la capacité du MPO à atteindre ses objectifs stratégiques et politiques en matière de gestion des océans, de développement durable et de gestion intégrée des ressources des milieux aquatiques du Canada.

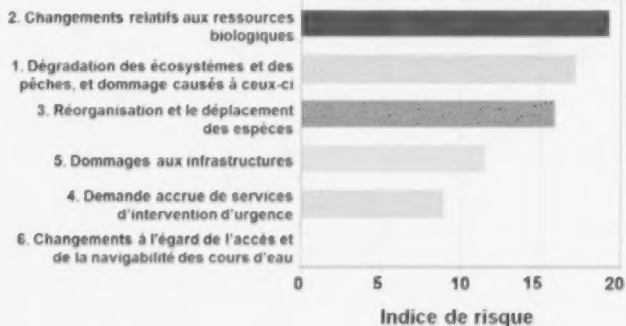
Contexte : Ce risque concerne le rôle de gouvernance du MPO dans la gestion et la protection des habitats du poisson, ainsi que son rôle de chef de file dans la Stratégie sur les océans du Canada et dans le maintien de la durabilité des océans et de leurs ressources (les lois habilitantes sont la *Loi sur les océans* et la *Loi sur les pêches*).

Position sur la carte des points chauds
– horizon de 10 ansIndice de risque (probabilité X impact)
– horizon de 10 ans

Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques

Position sur la carte des points chauds
– horizon de 50 ansIndice de risque (probabilité X impact)
– horizon de 50 ans

Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques



Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>1) Impacts sur la bioénergétique et la physiologie</p> <p>Les augmentations prévues des températures des mers et des eaux douces auront des conséquences pour les espèces de poissons du Pacifique, conséquences qui se manifesteront par des différences dans la mortalité ou des altérations de la croissance et de la reproduction.</p> <p>Les changements des conditions environnementales (p. ex., températures plus chaudes et conditions de remontée des eaux océaniques) modifient la structure des communautés, car la physiologie et l'énergétique des espèces s'adapteront aux conditions de l'habitat.</p> <p>Les changements de la force des vents, de la température océanique et de la salinité qui influencent les courants marins pourraient entraîner une altération de la circulation à l'échelle régionale avec de possibles impacts sur la disponibilité des eaux remontantes riches en éléments nutritifs et la dynamique de la production saisonnière du phytoplancton et du zooplancton.</p> <p>Les baisses prévues du pH océanique auront une incidence sur les espèces dont la structure du squelette ou de la coque contient du carbonate de calcium.</p>	<p>1) Impacts sur la bioénergétique et la physiologie</p> <p>Capacité réduite de prévision de l'abondance des ressources halieutiques.</p> <p>Les changements climatiques interagiront avec les agents de stress existants.</p> <p>Saumon du Pacifique : Réduction possible de l'abondance du saumon, notamment aux endroits où la survie en eau douce a été rendue plus difficile. Les effets cumulés sur la survie peuvent être suffisants pour faire disparaître des populations dans les unités de conservation (UC) des régions les plus touchées.</p> <p>Poissons de fond : Changements à long terme de la disponibilité des habitats thermiques préférés pour divers stades biologiques des espèces, ainsi que de la croissance, de l'âge à la maturité et de la fécondité.</p> <p>Petits poissons pélagiques : Réduction potentielle de l'abondance de certaines espèces pélagiques (p. ex., le hareng dans certaines zones).</p> <p>Niveaux trophiques inférieurs : Les espèces de proies plus petites et moins énergétiques sont associées aux conditions océaniques plus chaudes (ou aux événements de remontée des eaux plus forts ou plus faibles) qui se trouvent dans les eaux plus chaudes méridionales. Les réseaux trophiques basés sur le plancton de petite taille ne sont pas aussi productifs car le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs n'est pas aussi efficace.</p> <p>Modification de la productivité des invertébrés et des poissons liée aux effets de la baisse du pH dans l'océan.</p>
<p>2) Répartition et abondance</p> <p>Le réchauffement sera un élément des modifications de la répartition des espèces en provoquant des changements dans les habitudes de recrutement, de croissance, de survie et de migration aux étapes planctonique et de la vie adulte.</p> <p>Les changements des précipitations qui entraînent un écoulement d'eau douce accru pourraient modifier la stratification des estuaires et des régions côtières. Les changements de la stratification pourraient entraîner des réactions de la communauté qui favoriseront les espèces</p>	<p>2) Répartition et abondance</p> <p>TOUTES LES ESPÈCES</p> <p>Les aires de répartition des espèces migreront vers le pôle à des rythmes différents.</p> <p>Il pourrait y avoir une réorganisation des assemblages se traduisant par un espacement ou un chevauchement plus important des répartitions des espèces.</p> <p>Saumon du Pacifique : Les interactions cumulées entre les régimes climatiques et la dynamique du saumon dans les écosystèmes marins et d'eau douce se traduiront probablement par une expansion vers le nord de toutes les espèces, ainsi que par une</p>

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>de poissons euryhalines et anadromes (tolérantes à la variation de la salinité) et anadromes au détriment des espèces marines.</p> <p>L'établissement et l'agrandissement des zones à faible teneur en oxygène dissous en profondeur auront des effets sur la répartition des espèces benthiques et démersales.</p> <p>Les changements de la circulation, de la stratification et de la remontée des eaux pourraient avoir une incidence sur la disponibilité des eaux remontantes riches en éléments nutritifs, l'abondance et la composition de la communauté phytoplanctonique et zooplanctonique.</p> <p>On prévoit que l'écoulement d'eau douce (précipitations + fonte glaciaire) augmentera dans les régions côtières (sauf pendant les mois d'été où il baissera), ce qui affectera le profil spatial de la productivité du plancton.</p> <p>La hausse de la température des eaux douces dans les bassins hydrographiques aura des répercussions sur la répartition et l'abondance des poissons et des invertébrés.</p> <p>L'acidification océanique sera probablement plus prononcée dans les régions côtières de remontée des eaux et dans les strates plus profondes.</p>	<p>productivité réduite des populations à l'extrémité sud de leur aire de répartition.</p> <p>Déplacement vers le nord, sous l'effet du climat, des zones saisonnières d'hivernage et d'élevage (p. ex., golfe d'Alaska, mer de Béring) avec des conséquences généralement inconnues sur la production.</p> <p>Petits poissons pélagiques : Les changements de la durée de vie et des taux de reproduction liés à la température se traduiront par l'extension ou la réduction de la répartition géographique des espèces.</p> <p>Espèces benthiques et démersales : On sait que la teneur en oxygène dissous est plus faible dans les bras de mer marins des estuaires, dont beaucoup sont déjà hypoxiques. Ces conditions réduisent l'habitat disponible pour les poissons et peuvent entraîner la mort de poissons.</p> <p>Réorganisation des écosystèmes, nécessitant de nouveaux systèmes de gestion, des programmes de rétablissement pour les espèces et des modifications des priorités de gestion régionales.</p> <p>Notre capacité à définir les zones importantes sur le plan écologique (p. ex., zones d'importance écologique et biologique) pour les zones de protection marines, les pêches ou d'autres outils de gestion peut être touchée.</p> <p>Invertébrés : Les variations de l'abondance des crevettes roses au large de la COIV sont liées aux changements de la température de l'eau qui ont eu lieu deux ans avant l'année de leur naissance. Leur abondance diminue au cours des périodes où l'eau est chaude et augmente lorsqu'elle est froide.</p> <p>Espèces de passage : Les irrptions occasionnelles d'espèces prédatrices du sud (p. ex., le calmar de Humboldt, le maquereau du Pacifique) peuvent avoir une incidence sur des espèces marines commerciales importantes du fait de la compétition pour la nourriture et de la prédation directe.</p> <p>La présence accrue des espèces nuisibles (p. ex., les méduses) et leur prévalence peuvent augmenter avec la hausse de la température de l'eau et de l'hypoxie.</p> <p>Mammifères marins : Les changements de la structure trophique et de la répartition des espèces modifieront la bio-amplification des contaminants, y compris les polluants organiques persistants et le mercure, et pourraient avoir une incidence sur les poissons prédateurs de niveau supérieur et les</p>

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
	mammifères marins, y compris les baleines et les pinnipèdes.
3) Phénologie (décalage temporel) Les changements de la phénologie, qui est liée à l'augmentation de la température de l'eau, au début de la remontée des eaux océaniques, à l'écoulement d'eau douce et à l'intensité du vent, peuvent provoquer un décalage temporel de la disponibilité des proies à des stades biologiques essentiels et du moment des périodes de mue qui touchent la survie et l'abondance des espèces.	3) Phénologie (décalage temporel) Les changements de la disponibilité du zooplancton pourraient favoriser les espèces dont la période larvaire se situe au printemps ou en été (avec des gagnants et des perdants). Saumon du Pacifique : Un déclin potentiel de la survie peut se produire lorsque les changements touchent le moment de l'éclosion ou de l'émergence, en cas de migration précoce des saumoneaux vers l'océan, de retours tardifs ou précoces vers les zones de pêche et les rivières d'origine ou de retard dans la migration de reproduction. Poissons de fond et petits poissons pélagiques : L'avancement de la saison de croissance du zooplancton marin est lié à la survie plus faible de certaines espèces (p. ex., le sébaste ou la morue charbonnière). Invertébrés : Les interactions des espèces, l'alimentation et le type de déplacement qui sont liés aux différents stades de la mue peuvent également être perturbés avec des conséquences inconnues. Niveaux trophiques inférieurs : Les changements liés à la phénologie peuvent contribuer aux déclin de la biomasse d'espèces de zooplancton de grande taille, riches en énergie, qui constituent des aliments fourragers essentiels pour de nombreux prédateurs. Mammifères marins : Les espèces prédatrices spécialistes ont des préférences pour quelques proies essentielles, ce qui permet de penser que tout changement important dans les chevauchements spatiaux et temporels du prédateur et de la proie pourrait avoir un effet néfaste sur les populations de prédateurs.
Opportunités	
<ul style="list-style-type: none"> Le réchauffement peut avoir des répercussions positives sur certaines espèces commerciales importantes d'invertébrés (crabe, crevette, panope du Pacifique). Des augmentations de la récolte d'une ou de plusieurs espèces de saumon sont possibles. On peut s'attendre à une valorisation de l'importance commerciale du merlu migrateur, du maquereau du Pacifique, de la sardine et du thon blanc. 	

Lacunes

- On connaît mal les conséquences, sur le processus de prise de décisions de gestion, des effets des changements climatiques sur la migration, les modifications de la production et les changements dans les relations stock-recrutement.
- On ne connaît pas bien les effets des changements des répartitions spatiales et de l'abondance des espèces principales sur la productivité régionale.
- Nous avons besoin de renforcer la capacité à prévoir les changements environnementaux et les réactions des écosystèmes aux échelles des sous-bassins, y compris en mettant au point des modèles régionaux couplés physiques-biogéochimiques et à échelle réduite.
- Il est nécessaire de pouvoir mieux prédire les variations du moment où se produisent les facteurs environnementaux et déterminer leurs conséquences sur la phénologie, l'adaptation et la productivité des principales espèces marines et d'eau douce.
- Il existe des lacunes dans notre compréhension de la façon d'intégrer les effets cumulatifs (risque, vulnérabilité, etc.) dans les processus d'évaluation.
- Le manque de données et de connaissances sur certaines régions clés, notamment dans les sous-bassins de la CNP et du GA, limite les possibilités de comprendre et d'atténuer les impacts des changements climatiques.
- Une série chronologique des observations (biologiques et océanographiques) fiable et continue est primordiale.
- Les concentrations en oxygène et les taux de saturation du carbonate de calcium sont très faibles dans les eaux hypodermiques de haute mer du Pacifique subarctique. Nous comprenons mal les tendances futures de ces propriétés et leur transfert sur les plateaux continentaux. Dans les eaux côtières, on connaît mal la modulation de l'acidification des océans par les apports en eau douce et l'interaction avec les sédiments.
- Notre capacité à prédire les impacts des changements climatiques sur les systèmes d'eau douce et leurs conséquences sur les poissons anadromes est limitée. Il est fort probable que ces conditions environnementales sortiront bientôt de la plage de la variabilité historique.
- Les données limitées sur les milieux littoraux se traduisent par un manque de connaissances des interactions climat-habitat et par des répercussions sur les poissons et les invertébrés qui se servent de ces zones à des stades biologiques importants.
- Les événements extrêmes se produisant dans les systèmes d'eau douce (sécheresses et inondations) peuvent avoir de l'influence, mais nous devons d'abord les étudier.

Annexe 3

Feuille de résumé du risque lié aux changements relatifs aux ressources biologiques (risque 2) dans le GBA du Pacifique. Chaque groupe de facteurs de risque principaux (colonne de gauche) correspond au groupe d'opportunités ou conséquences possibles (colonne de droite).

Grand bassin aquatique du Pacifique	
Risque 2 : Changements relatifs aux ressources biologiques	
Énoncé du risque : Les changements climatiques risquent d'avoir un impact sur la capacité du MPO à gérer et à assurer la distribution et la qualité des stocks de produits de la pêche et de l'aquaculture, de même qu'à en protéger l'abondance.	
Contexte : Ce risque concerne la gestion des ressources halieutiques par le MPO (stocks de poissons, mollusques et mammifères marins) (la loi habilitante est la <i>Loi sur les pêches</i>).	
Position sur la carte des points chauds – horizon de 10 ans	Indice de risque (probabilité X impact) – horizon de 10 ans
	Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques 2. Changements relatifs aux ressources biologiques 1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci 3. Réorganisation et le déplacement des espèces 5. Dommages aux infrastructures 4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence 6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau Indice de risque
Position sur la carte des points chauds – horizon de 50 ans	Indice de risque (probabilité X impact) – horizon de 50 ans
	Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques 2. Changements relatifs aux ressources biologiques 1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci 3. Réorganisation et le déplacement des espèces 5. Dommages aux infrastructures 4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence 6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau Indice de risque

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>1) Impacts sur la bioénergétique et la physiologie</p> <p>Les augmentations prévues des températures marines et des eaux douces auront des conséquences pour les espèces de poissons du Pacifique, conséquences qui se manifesteront par une mortalité directe ou, indirectement, par des altérations de la croissance et de la reproduction.</p> <p>Les changements des conditions environnementales (p. ex., températures plus chaudes, concentrations en oxygène et conditions de remontée des eaux océaniques) modifient la structure et les fonctions des communautés, car la physiologie et l'énergétique des espèces s'adapteront aux conditions de l'habitat.</p> <p>Les changements de la force des vents, de la température océanique et de la salinité qui influencent les courants marins pourraient entraîner une altération de la circulation à l'échelle régionale avec de possibles impacts sur la disponibilité des eaux remontantes riches en éléments nutritifs et la dynamique de la production saisonnière du phytoplancton et du zooplancton.</p> <p>La température et l'écoulement d'eau douce qui touchent la migration des espèces anadromes vers l'amont et vers l'aval auront des répercussions sur la mortalité et la récolte.</p>	<p>1) Impacts sur la bioénergétique et la physiologie</p> <p>Capacité réduite de prévision de l'abondance des ressources halieutiques.</p> <p>Saumon du Pacifique : Réduction possible de l'abondance du saumon, notamment aux endroits où la survie en eau douce a été rendue plus difficile. Les effets cumulés sur la survie peuvent être suffisants pour faire disparaître des populations dans les unités de conservation (UC) des régions les plus touchées.</p> <p>Poissons de fond : Changements à long terme de la disponibilité des habitats thermiques préférés pour divers stades biologiques des espèces, ainsi que de la croissance, de l'âge à la maturité et de la fécondité.</p> <p>Petits poissons pélagiques : Réduction potentielle de l'abondance de certaines espèces pélagiques (p. ex., le hareng dans certaines zones).</p> <p>Niveaux trophiques inférieurs : Les espèces de proies plus petites et moins énergétiques sont associées aux conditions océaniques plus chaudes (ou aux événements de remontée des eaux plus forts ou plus faibles) qui se trouvent dans les eaux plus chaudes méridionales. Les réseaux trophiques basés sur le plancton de petite taille ne sont pas aussi productifs car le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs n'est pas aussi efficace.</p> <p>Modification de la productivité des invertébrés et des poissons liée aux effets de la baisse du pH dans l'océan.</p>
<p>2) Répartition et abondance</p> <p>Le réchauffement sera un élément des modifications de la répartition des espèces en provoquant des changements dans les habitudes de recrutement, de croissance, de survie et de migration aux étapes planctonique et de la vie adulte.</p> <p>Les changements des précipitations qui entraînent un écoulement d'eau douce accru pourraient modifier la stratification des estuaires et des régions côtières. Les changements de la stratification pourraient entraîner des réactions de la communauté qui favoriseront les espèces de poissons</p>	<p>2) Répartition et abondance</p> <p>TOUTES LES ESPÈCES</p> <p>Les aires de répartition des espèces migreront vers le pôle à des rythmes différents.</p> <p>Il pourrait y avoir une réorganisation des assemblages se traduisant par un espacement ou un chevauchement plus important des répartitions des espèces.</p> <p>Saumon du Pacifique : Les interactions cumulées entre les régimes climatiques et la dynamique du saumon dans les écosystèmes marins et d'eau douce se traduiront probablement par une expansion vers le nord de toutes les espèces, ainsi</p>

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>euryhalines et anadromes (tolérantes à la variation de la salinité) et anadromes au détriment des espèces marines.</p> <p>L'établissement et l'agrandissement des zones à faible teneur en oxygène dissous en profondeur auront des effets sur la répartition des espèces benthiques et démersales.</p> <p>Les changements de la circulation, de la stratification et de la remontée des eaux pourraient avoir une incidence sur la disponibilité des eaux remontantes riches en éléments nutritifs, l'abondance et la composition de la communauté phytoplanctonique et zooplanctonique.</p> <p>On prévoit que l'écoulement d'eau douce (précipitations + fonte glaciaire) augmentera dans les régions côtières (sauf pendant les mois d'été où il baissera), ce qui affectera le profil spatial de la productivité du plancton.</p> <p>L'augmentation de la température des eaux douces dans les bassins hydrographiques aura des répercussions sur la répartition et l'abondance des poissons et des invertébrés.</p>	<p>que par une productivité réduite des populations à l'extrémité sud de leur aire de répartition.</p> <p>Déplacement vers le nord, sous l'effet du climat, des zones saisonnières d'hivernage et d'élevage (p. ex., golfe d'Alaska, mer de Béring) avec des conséquences généralement inconnues sur la production.</p> <p>Petits poissons pélagiques : Les changements de la durée de vie et des taux de reproduction liés à la température se traduiront par l'extension ou la réduction de la répartition géographique des espèces.</p> <p>Espèces benthiques et démersales : On sait que la teneur en oxygène dissous est plus faible dans les bras de mer marins des estuaires, dont beaucoup sont déjà hypoxiques. Ces conditions réduisent l'habitat disponible pour les poissons et peuvent entraîner la mort de poissons.</p> <p>Réorganisation des écosystèmes, nécessitant de nouveaux systèmes de gestion, des programmes de rétablissement pour les espèces et des modifications des priorités de gestion régionales. (Risque 7?)</p> <p>Notre capacité à définir les zones importantes sur le plan écologique (p. ex., zones d'importance écologique et biologique) pour les zones de protection marines, les pêches ou d'autres outils de gestion peut être touchée.</p> <p>Invertébrés : Les variations de l'abondance des crevettes roses au large de la COIV sont liées aux changements de la température de l'eau qui ont eu lieu deux ans avant l'année de leur naissance. Leur abondance diminue au cours des périodes où l'eau est chaude et augmente lorsqu'elle est froide.</p> <p>Espèces de passage : Les irrptions occasionnelles d'espèces prédatrices du sud (p. ex., le calmar de Humboldt, le maquereau du Pacifique) peuvent avoir une incidence sur des espèces marines commerciales importantes du fait de la compétition pour la nourriture et de la prédation directe.</p> <p>La présence accrue des espèces nuisibles (p. ex., les méduses) et leur prévalence peuvent augmenter avec la hausse de la température de l'eau et du niveau de la mer et l'acidification.</p> <p>Il est probable que la modification de la dynamique de production qui est à la base de la chaîne</p>

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
	alimentaire aura une incidence sur les poissons résidents au large des côtes de la Colombie-Britannique.
3) Phénologie (décalage temporel) Les changements de la phénologie, qui est liée à l'augmentation de la température de l'eau, au début de la remontée des eaux océaniques, à l'écoulement d'eau douce et à l'intensité du vent, peuvent provoquer un décalage temporel de la disponibilité des proies à des stades biologiques essentiels et du moment des périodes de mue qui touchent la survie et l'abondance des espèces.	3) Phénologie (décalage temporel) Les changements de la disponibilité du zooplancton pourraient favoriser les espèces dont la période larvaire se situe au printemps ou en été (avec des gagnants et des perdants). Saumon du Pacifique : Un déclin potentiel de la survie peut se produire lorsque les changements touchent le moment de l'éclosion ou de l'émergence, en cas de migration précoce des saumoneaux vers l'océan, de retours tardifs ou précoces vers les zones de pêche et les rivières d'origine ou de retard dans la migration de reproduction. Poissons de fond et petits poissons pélagiques : L'avancement de la saison de croissance du zooplancton marin est lié à la survie plus faible de certaines espèces (p. ex., le sébaste ou la morue charbonnière). Invertébrés : Les interactions des espèces, l'alimentation et le type de déplacement qui sont liés aux différents stades de la mue peuvent également être perturbés avec des conséquences inconnues. Niveaux trophiques inférieurs : Les changements liés à la phénologie peuvent contribuer aux déclinés de la biomasse d'espèces de zooplancton de grande taille, riches en énergie, qui constituent des aliments fourragers essentiels pour de nombreux prédateurs.
4) Aquaculture Le réchauffement peut contribuer à une baisse du rendement biologique (p. ex., croissance) des espèces (poissons à nageoires ou invertébrés) en causant des changements de la productivité primaire (sources de nourriture) et en accroissant l'abondance des organismes responsables des salissures, indigènes et exotiques. Les effets de l' acidification des océans peuvent réduire la productivité des espèces d'invertébrés d'élevage. Les changements des conditions	4) Aquaculture Changements potentiels apportés aux activités et à la production en fonction des modifications de la disponibilité et du coût des aliments pour poissons d'origine sauvage. La sensibilité des poissons à nageoires aux blooms phytoplanctoniques nuisibles devient plus forte à mesure que les températures côtières augmentent. Compétition pour l'espace et prédation, par les espèces envahissantes et nuisibles, des invertébrés élevés en milieu « naturel » (c.-à-d. cages). Gestion accrue des emplacements des

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>environnementales (température et salinité) peuvent avoir une incidence sur la présence ou la prévalence de parasites, d'organismes nuisibles et de pathogènes qui ont des répercussions sur les espèces de poissons à nageoires et d'invertébrés.</p> <p>L'exposition du rivage à l'élévation du niveau de la mer et aux ondes de tempête peut changer sa configuration dans les zones à basse altitude, touchant les zones utilisées pour la production.</p>	<p>concessions d'aquaculture, des évasions et des espèces envahissantes.</p> <p>Augmentation et modifications de la gestion de l'innocuité des produits en lien avec les changements des parasites, des organismes nuisibles et des pathogènes.</p> <p>Intégrité des infrastructures : Les fortes tempêtes peuvent endommager les parcs en filet et causer ainsi des évasions de poissons et des pertes de production.</p> <p>La présence d'espèces envahissantes responsables des salissures marines, en plus des espèces indigènes, pourrait présenter d'autres défis pour les entreprises et augmenter les coûts de production (gestion des salissures).</p>
<p>5) Mise en valeur des salmonidés</p> <p>La hausse de la température de l'eau (eau douce et de mer) peut altérer la capacité de production des installations et avoir des répercussions sur la survie des poissons.</p>	<p>5) Mise en valeur des salmonidés</p> <p>Les températures de l'eau létales et sub-létales, combinées au stress lié à la manipulation ou au comptage, augmenteront la mortalité avant la période de frai et réduiront la viabilité du sperme et des œufs.</p> <p>Les saumoneaux qui migrent, produits dans les installations de mise en valeur du saumon et relâchés dans des eaux plus chaudes, peuvent souffrir de stress et de dysfonctionnement physiologique entraînant une hausse possible de la mortalité dans les rivières et des fluctuations plus importantes de la mortalité en mer.</p> <p>L'accès à un stock de géniteurs suffisant peut être compromis en cas de conflit avec les objectifs d'échappées du saumon sauvage.</p>

Opportunités

- Les augmentations possibles des populations de calmars, voire de méduses, peuvent offrir de nouvelles possibilités de pêche.
- Les principales espèces utilisées en aquaculture (comme les invertébrés) qui sont touchées par la hausse des températures peuvent connaître une amélioration de leur recrutement et étendre leur répartition vers le pôle.
- La tendance au réchauffement pourrait avoir des répercussions positives sur certaines espèces commerciales importantes d'invertébrés (crabe, crevette, panope du Pacifique).
- Des augmentations de la récolte d'une ou de plusieurs espèces de saumon sont possibles.
- Une diminution de la présence et de la prévalence de maladies est possible, notamment près des zones littorales où le débit d'eau douce provenant de la fonte glaciaire est accru, puisqu'une baisse des niveaux de salinité peut réduire l'abondance des poux du poisson dans les zones côtières.
- Amélioration possible de la croissance des mollusques d'élevage grâce à un meilleur approvisionnement alimentaire.

Lacunes

- On connaît mal les conséquences, sur le processus de prise de décisions de gestion, des effets des changements climatiques sur la migration, les modifications de la production et les changements dans les relations stock-recrutement.
- On ne connaît pas bien les effets des changements des répartitions spatiales des principales espèces sur la productivité régionale.
- Nous avons besoin de renforcer la capacité à prévoir les changements environnementaux et les réactions des écosystèmes aux échelles des sous-bassins, y compris en mettant au point des modèles régionaux biophysiques et à échelle réduite.
- Il est nécessaire de pouvoir mieux prédire les variations du moment où se produisent les facteurs environnementaux et déterminer leurs conséquences sur la phénologie, l'adaptation et la productivité des principales espèces marines et d'eau douce.
- Il existe des lacunes dans notre compréhension de la façon d'intégrer les effets cumulatifs (risque, vulnérabilité, etc.) dans les processus d'évaluation.
- Le manque de données et de connaissances sur certaines régions clés, notamment dans les sous-bassins de la CNP et du GA, limite les possibilités de comprendre et d'atténuer les impacts des changements climatiques.
- Les concentrations en oxygène et les taux de saturation du carbonate de calcium sont très faibles dans les eaux hypodermiques de haute mer du Pacifique subarctique. Nous comprenons mal les tendances futures de ces propriétés et leur transfert sur les plateaux continentaux. Dans les eaux côtières, on connaît mal la modulation de l'acidification des océans par les apports en eau douce et l'interaction avec les sédiments.
- Notre capacité à prédire les impacts des changements climatiques sur les différents systèmes d'eau douce et leurs conséquences sur les poissons anadromes (p. ex., le saumon du Pacifique) est limitée dans l'ensemble de leur aire de répartition. Les changements climatiques auront probablement un impact sur la mortalité et la survie pendant les phases critiques du cycle biologique qui se passent en eau douce, notamment l'incubation, l'élevage et la migration. Il est fort probable que l'ampleur et la variabilité de ces changements environnementaux (p. ex., températures de l'eau, hydrogrammes modifiés) sortiront bientôt de la plage de la variabilité historique.
- Les données limitées sur les milieux littoraux se traduisent par un manque de connaissances des interactions climat-habitat et par des répercussions sur les poissons et les invertébrés qui se servent de ces zones à des stades biologiques importants.
- Il faut peut-être ajuster les activités, y compris le moment de la libération des saumoneaux et la surveillance environnementale marine, pour profiter des « bonnes conditions océaniques ».
- Il faut déterminer les installations de mise en valeur du saumon qui sont situées dans des zones vulnérables et préparer des plans pour les moderniser, les relocaliser ou les fermer.
- On connaît mal les effets des blooms phytoplanctoniques nuisibles sur les poissons à nageoires.

Annexe 4

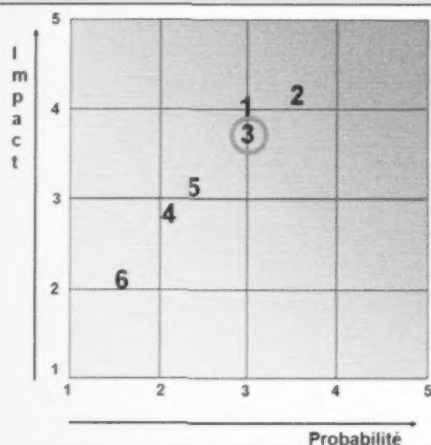
Feuille de résumé du risque de réorganisation et de déplacement des espèces (risque 3) dans le GBA du Pacifique. Chaque groupe de facteurs de risque principaux (colonne de gauche) correspond au groupe d'opportunités ou conséquences possibles (colonne de droite).

Grand bassin aquatique du Pacifique

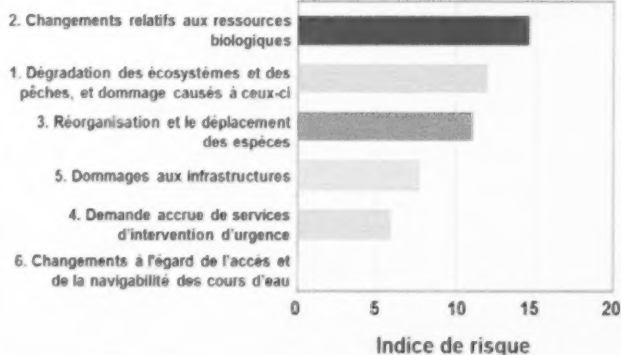
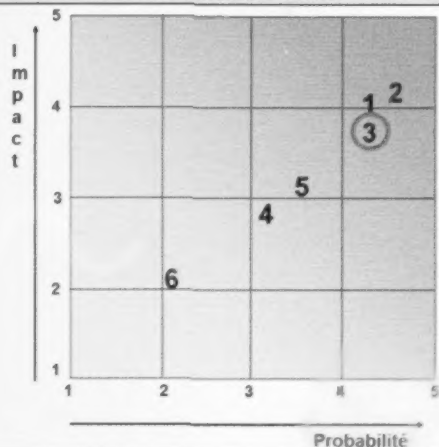
Risque 3 : Réorganisation et déplacement des espèces

Énoncé du risque : Les changements climatiques risquent d'avoir une incidence sur la capacité du MPO à assurer la diversité des espèces et à protéger les espèces en péril.

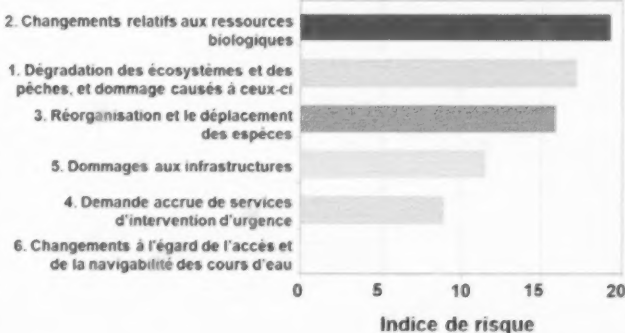
Contexte : Les changements climatiques peuvent donner lieu à des modifications de l'emplacement et du type des espèces dans les divers habitats aquatiques canadiens. Ils peuvent limiter ou étendre l'aire de répartition de certaines espèces aquatiques et faciliter l'introduction ou la propagation d'espèces envahissantes (la loi habilitante est la *Loi sur les espèces en péril*).

Position sur la carte des points chauds
– horizon de 10 ansIndice de risque (probabilité X impact)
– horizon de 10 ans

Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques

Position sur la carte des points chauds
– horizon de 50 ansIndice de risque (probabilité X impact)
– horizon de 50 ans

Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques



Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>1) Espèces en péril</p> <p>Les espèces rares ou en déclin peuvent voir leurs populations diminuer en raison des changements prévus des conditions océaniques et en eau douce, par exemple : les espèces anadromes (six ont été inscrites par le Comité sur la situation des espèces en péril – COSEPAC, et deux en vertu de la <i>Loi sur les espèces en péril</i>), les poissons marins (13 espèces inscrites par le COSEPAC, six en vertu de la <i>Loi sur les espèces en péril</i>), les mammifères marins (13 espèces inscrites par le COSEPAC, 12 en vertu de la <i>Loi sur les espèces en péril</i>) et les invertébrés (deux espèces d'eau douce, deux espèces marines).</p>	<p>1) Espèces en péril</p> <p>Il est possible que d'autres espèces soient ajoutées aux listes des espèces en péril au fur et à mesure que les changements climatiques se feront sentir, ce qui exercera une pression supplémentaire sur les ressources pour la gestion des espèces en péril (y compris les programmes de rétablissement).</p> <p>Pour certaines espèces en péril qui sont en partie restreintes par les climats plus froids, les conditions climatiques pourraient s'améliorer. Toutefois, les facteurs qui limitent déjà ces espèces (notamment les menaces anthropiques pesant sur l'habitat) risquent de les empêcher de tirer profit de ces nouvelles possibilités.</p> <p>Remarque : La tendance au réchauffement peut avoir un impact positif sur les huîtres plates du Pacifique, en dépit de l'effet négatif possible de des phénomènes météorologiques plus violents (gel).</p>
<p>2) Espèces envahissantes</p> <p>Les changements des conditions océaniques et en eau douce, qui ont une incidence sur l'abondance des espèces et leur répartition ou sur la structure et les fonctions des communautés, pourraient accroître le risque d'établissement d'espèces potentiellement envahissantes.</p> <p>Risque d'expansion de l'aire de répartition des espèces envahissantes marines établies en raison de l'évolution des conditions océaniques (température et salinité).</p>	<p>2) Espèces envahissantes</p> <p>Les espèces envahissantes (p. ex., les crabes verts) sont très préoccupantes pour la gestion des pêches et constituent une menace importante pour les écosystèmes côtiers.</p> <p><i>Remarque : Même si le crabe vert est très préoccupant, son abondance et sa répartition ne dépendent pas principalement des changements des conditions océaniques. Sa dispersion au-delà de son aire de répartition actuelle peut être liée à des changements des courants qui favorisent le transport larvaire, mais il s'agit en général de phénomènes El Niño oscillation australe. Dans une certaine mesure, l'écoulement d'eau douce accru et les changements de la salinité dans les milieux estuariens peuvent accroître la quantité d'habitat disponible pour les crabes verts, qui sont plus tolérants que beaucoup de crabes indigènes.</i></p> <p>Certaines espèces non indigènes actuellement importantes pour les pêches commerciales, récréatives et autochtones sont jugées envahissantes ou nuisibles dans d'autres parties du monde. L'aire de répartition de certaines d'entre elles est limitée par des seuils thermiques (p. ex., la palourde japonaise, l'huître creuse du Pacifique). La hausse des températures pourrait se traduire par une dispersion accrue de ces espèces et leur établissement plus vers le pôle.</p>

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
	Le nombre d'espèces non indigènes (et potentiellement envahissantes) capables de s'établir augmentera et aura des impacts négatifs sur la structure et les fonctions des communautés indigènes.
3) Espèces de passage Les changements des conditions océaniques permettront à des espèces de passage d'entrer dans les eaux canadiennes du Pacifique, ce qui représentera un danger pour les espèces indigènes.	3) Espèces de passage Les irrptions occasionnelles d'espèces de passage, comme des espèces prédatrices du sud (p. ex., le calmar de Humboldt, le maquereau du Pacifique) peuvent avoir une incidence sur des espèces marines commerciales importantes du fait de la compétition pour la nourriture et de la prédation directe.
	Biodiversité Il est possible que des espèces reconnues comme ayant une valeur culturelle à titre de nourriture traditionnelle soient perdues ou disparaissent localement, ce qui pourrait exposer le Ministère à des poursuites judiciaires. Perte de la biodiversité et de sa valeur intrinsèque.
Opportunités	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espèces de passage : Les augmentations potentielles des populations de calmars, de maquereaux et de thons offrent de nouvelles possibilités de récolte. ▪ Les espèces envahissantes pourraient devenir des espèces commerciales ou des espèces visées par la pêche récréative. ▪ Une élévation de la température de l'eau pourrait être avantageuse pour la production et étendre l'aire de répartition de certains invertébrés d'élevage non indigènes. 	
Lacunes	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les systèmes de gestion sont sous-développés pour gérer l'arrivée des espèces envahissantes. ▪ Il faut déterminer l'habitat essentiel et ses liens avec les facteurs des changements climatiques. 	

Annexe 5

Feuille de résumé du risque de demande accrue de services d'intervention d'urgence (risque 4) dans le GBA du Pacifique. Chaque groupe de facteurs de risque principaux (colonne de gauche) correspond au groupe d'opportunités ou conséquences possibles (colonne de droite).

Grand bassin aquatique du Pacifique	
Risque 4 : Demande accrue de services d'intervention d'urgence	
Énoncé du risque : Les changements climatiques risquent d'avoir un impact sur la capacité du MPO à assurer des niveaux acceptables d'activités d'intervention environnementale et de recherche et sauvetage.	
Contexte : La prépondérance de ce risque tient à la possibilité d'un nombre accru d'incidents maritimes attribuables à des facteurs des changements climatiques, de même qu'à la contrainte que ceux-ci imposeront à la capacité d'intervention du MPO.	
Position sur la carte des points chauds – horizon de 10 ans	Indice de risque (probabilité X impact) – horizon de 10 ans
<p>Impact</p> <p>Probabilité</p>	Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques 2. Changements relatifs aux ressources biologiques 1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci 3. Réorganisation et le déplacement des espèces 5. Dommages aux infrastructures 4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence 6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau <p>Indice de risque</p>
Position sur la carte des points chauds – horizon de 50 ans	Indice de risque (probabilité X impact) – horizon de 50 ans
<p>Impact</p> <p>Probabilité</p>	Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques 2. Changements relatifs aux ressources biologiques 1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci 3. Réorganisation et le déplacement des espèces 5. Dommages aux infrastructures 4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence 6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau <p>Indice de risque</p>

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>Les modifications du niveau moyen de la mer pourraient avoir des répercussions sur les ondes de tempête.</p> <p>Les vents plus forts et les changements de l'état de la mer peuvent avoir une incidence sur les activités de recherche et de sauvetage ainsi que sur les interventions environnementales.</p> <p>Le climat peut entraîner des modifications dans la répartition de l'effort de pêche.</p> <p>La hausse de la température de l'air peut entraîner une augmentation potentielle de l'intensité, de la durée saisonnière et de l'étendue géographique du trafic maritime (commercial et récréatif).</p>	<p>Le personnel des phares peut être en danger à cause des ondes de tempête.</p> <p>Il faut réaffecter les ressources (analyse des besoins en recherche et sauvetage) en fonction des modifications causées par le climat dans l'effort de pêche (commerciale et récréative).</p> <p>Utilisation restreinte des ressources de recherche et sauvetage (p. ex., utilisation d'un petit hélicoptère en cas de tempête) et conception future des infrastructures d'intervention pour la recherche et le sauvetage.</p> <p>Capacité d'intervention restreinte en cas d'appels aux services de recherche et sauvetage et de dommages environnementaux causés par des incidents maritimes.</p> <p>Pertes de vie et blessures plus nombreuses associées aux incidents maritimes.</p>
Opportunités	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilité de travailler avec Environnement Canada afin d'améliorer la prédictibilité des prévisions climatiques, météorologiques et marines. 	
Lacunes	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ On ne sait pas si l'évolution des compétences en matière de prévisions marines, notamment pour les phénomènes extrêmes, peut entraîner une augmentation des activités de recherche et sauvetage et d'intervention d'urgence. ▪ On ne sait pas comment les tempêtes (y compris la hauteur des vagues) vont évoluer à l'avenir. ▪ On ne connaît pas l'influence que les changements climatiques auront sur la répartition des populations de poissons, ce qui nuit à la capacité de la GCC de planifier de futures activités éventuelles de recherche et sauvetage et d'intervention d'urgence. 	

Annexe 6

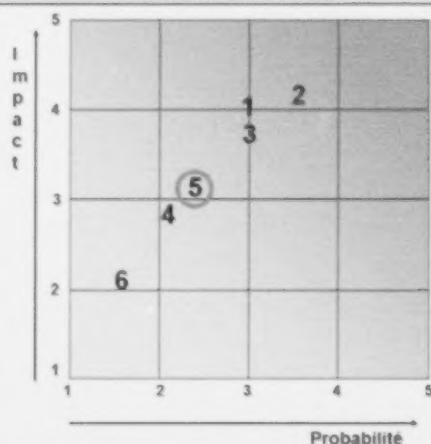
Feuille de résumé du risque de dommages aux infrastructures (risque 5) dans le GBA du Pacifique. Chaque groupe de facteurs de risque principaux (colonne de gauche) correspond au groupe d'opportunités ou conséquences possibles (colonne de droite).

Grand bassin aquatique du Pacifique

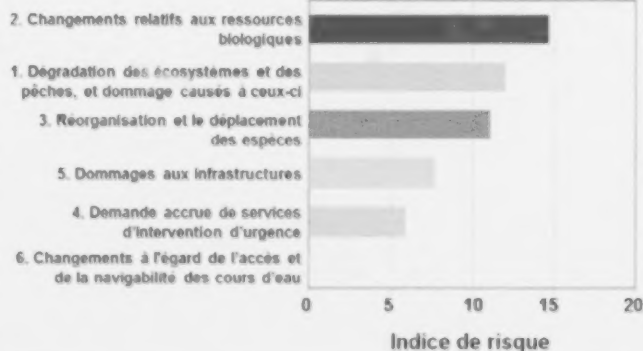
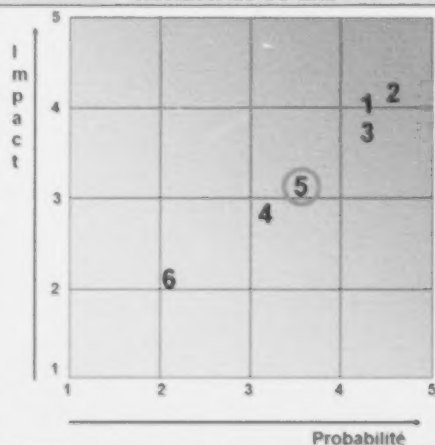
Risque 5 : Dommages aux infrastructures

Énoncé du risque : Les changements climatiques risquent de causer des dommages aux navires, aux infrastructures côtières et aux ports pour petits bateaux du MPO qui, par conséquent, devront être modifiés.

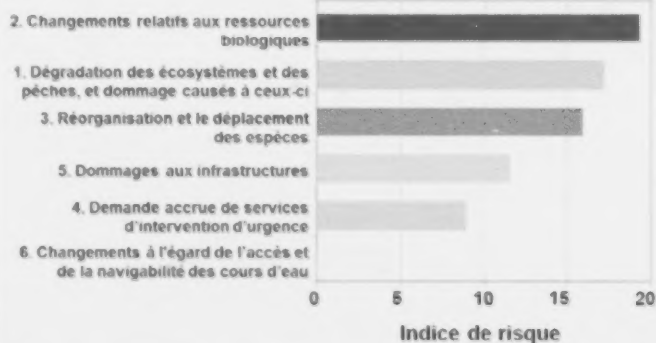
Contexte : Le MPO doit maintenir d'importantes infrastructures pour mener ses activités opérationnelles et scientifiques en milieu marin et en milieu d'eau douce (exemples d'infrastructures en place : ports, quais, bases, postes, bouées, cales, bâtiments, laboratoires, phares, aides à la navigation, éclosiers et activités aquacoles du MPO).

Position sur la carte des points chauds
– horizon de 10 ansIndice de risque (probabilité X impact)
– horizon de 10 ans

Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques

Position sur la carte des points chauds
– horizon de 50 ansIndice de risque (probabilité X impact)
– horizon de 50 ans

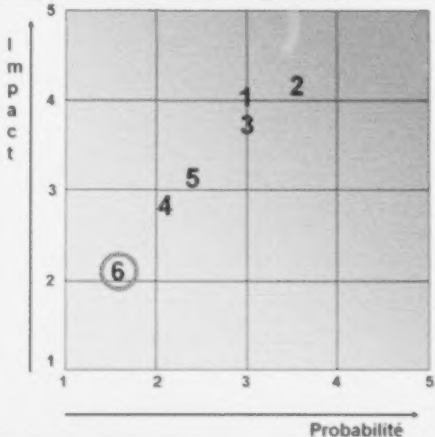
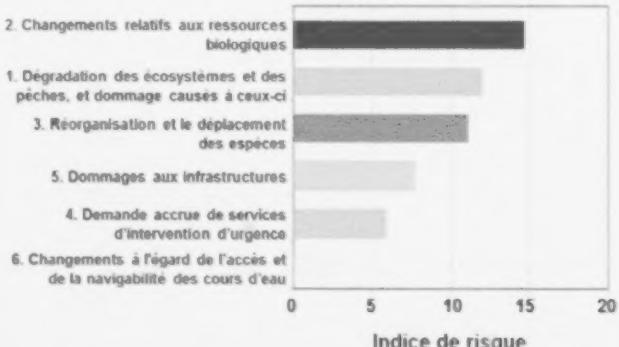
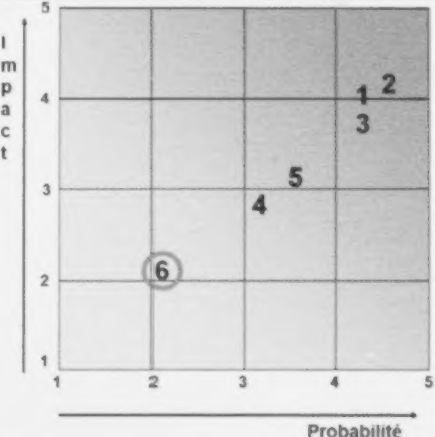
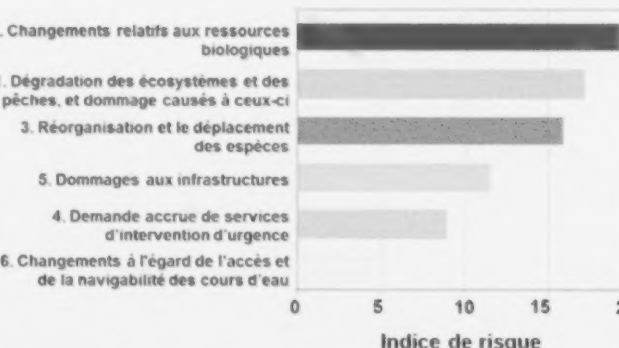
Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques



Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>Les modifications du niveau moyen de la mer pourraient avoir des répercussions sur les ondes de tempête et les crues navales printanières.</p> <p>Les vents plus forts et les changements de l'état de la mer peuvent réduire l'intégrité et l'efficacité des infrastructures et modifier ainsi la configuration des côtes.</p> <p>La hausse de la température de l'eau, en entraînant une augmentation de la salissure marine, pourrait endommager les infrastructures du MPO.</p> <p>Les changements climatiques devraient avoir une incidence sur les installations de mise en valeur du saumon situées dans les bassins hydrographiques ou les zones déjà très vulnérables aux changements de l'écoulement d'eau douce.</p> <p>Les changements de l'écoulement d'eau douce peuvent avoir des répercussions sur les aides à la navigation et les infrastructures de formation installées dans les voies navigables.</p> <p>Du fait de la hausse de la température de l'eau dans les installations de mise en valeur du saumon situées dans des bassins hydrographiques ou des zones qui sont déjà vulnérables à la température élevée de l'eau douce, il faudra recourir davantage aux ressources d'eaux souterraines plus froides ou à l'eau plus froide extraite des lacs profonds.</p> <p>Les changements de la dynamique de l'eau (vent, précipitations, élévation du niveau de la mer, température, salinité) peuvent avoir une incidence sur les infrastructures des ports pour petits bateaux.</p>	<p>Les phares et les structures côtières en général pourraient être exposés à des risques liés aux ondes de tempête.</p> <p>Différents éléments des infrastructures peuvent devenir inadéquats (p. ex., ports pour petits bateaux, navires, brise-lames, quais, appontements, défenses et rampes).</p> <p>Les passes à poissons installées dans les installations de mise en valeur du saumon équipées d'appareils de dénombrement et de restriction des mouvements des poissons pourraient devenir moins efficaces.</p> <p>Il faudra peut-être relocaliser ou modifier certaines installations de mise en valeur des salmonidés.</p> <p>Les installations de mise en valeur des salmonidés se trouveront en concurrence avec d'autres utilisateurs et utilisations pour les ressources en eau.</p> <p>Dommages causés aux ports pour petits bateaux et coûts d'exploitation ou de relocalisation plus élevés.</p> <p>Les événements extrêmes d'écoulement d'eau douce peuvent entraîner de l'envasement, de l'érosion, des inondations et des dommages (causés par des billots et des débris de grande taille) dans les ports pour petits bateaux.</p>
Opportunités	
<ul style="list-style-type: none"> Aucune opportunité déterminée. 	
Lacunes	
<ul style="list-style-type: none"> Les événements extrêmes touchant les systèmes d'eau douce (sécheresses et inondations) peuvent avoir des répercussions, mais il faut approfondir les études dans ce domaine. Il faut approfondir les études sur l'envasement lié aux changements du débit fluvial. 	

Annexe 7

Feuille de résumé du risque de changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau (risque 6) dans le GBA du Pacifique. Chaque groupe de facteurs de risque principaux (colonne de gauche) correspond au groupe d'opportunités ou conséquences possibles (colonne de droite).

Grand bassin aquatique du Pacifique															
Risque 6 : Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau															
Énoncé du risque : Les changements climatiques risquent d'avoir un impact sur la capacité du MPO à assurer un accès sécuritaire aux voies navigables.															
Contexte : Ce risque concerne les changements de certains facteurs comme la sédimentation, les niveaux d'eau, les mauvaises conditions météorologiques, l'énergie des vagues, les icebergs et la glace, qui peuvent entraver l'accès aux voies navigables.															
Position sur la carte des points chauds – horizon de 10 ans 	Indice de risque (probabilité X impact) – horizon de 10 ans <p>Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques</p>  <table border="1"> <caption>Indice de risque (horizon de 10 ans)</caption> <thead> <tr> <th>Facteur de risque</th> <th>Indice de risque (approx.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2. Changements relatifs aux ressources biologiques</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>3. Réorganisation et le déplacement des espèces</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>5. Dommages aux infrastructures</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Facteur de risque	Indice de risque (approx.)	2. Changements relatifs aux ressources biologiques	15	1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci	12	3. Réorganisation et le déplacement des espèces	11	5. Dommages aux infrastructures	8	4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence	6	6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau	2
Facteur de risque	Indice de risque (approx.)														
2. Changements relatifs aux ressources biologiques	15														
1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci	12														
3. Réorganisation et le déplacement des espèces	11														
5. Dommages aux infrastructures	8														
4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence	6														
6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau	2														
Position sur la carte des points chauds – horizon de 50 ans 	Indice de risque (probabilité X impact) – horizon de 50 ans <p>Risques liés à l'adaptation aux changements climatiques</p>  <table border="1"> <caption>Indice de risque (horizon de 50 ans)</caption> <thead> <tr> <th>Facteur de risque</th> <th>Indice de risque (approx.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2. Changements relatifs aux ressources biologiques</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>3. Réorganisation et le déplacement des espèces</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>5. Dommages aux infrastructures</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Facteur de risque	Indice de risque (approx.)	2. Changements relatifs aux ressources biologiques	19	1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci	17	3. Réorganisation et le déplacement des espèces	16	5. Dommages aux infrastructures	12	4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence	9	6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau	2
Facteur de risque	Indice de risque (approx.)														
2. Changements relatifs aux ressources biologiques	19														
1. Dégradation des écosystèmes et des pêches, et dommage causés à ceux-ci	17														
3. Réorganisation et le déplacement des espèces	16														
5. Dommages aux infrastructures	12														
4. Demande accrue de services d'intervention d'urgence	9														
6. Changements à l'égard de l'accès et de la navigabilité des cours d'eau	2														

Principaux facteurs de risque	Conséquences possibles : Menaces
<p>La hausse du niveau de la mer et de l'écoulement d'eau douce peut changer l'efficacité des structures de contrôle des voies navigables (s'applique au fleuve Fraser).</p> <p>Les changements prévus qui concernent l'écoulement d'eau douce et la stratification pourraient entraîner des besoins accrus en matière de dragage du fait de l'augmentation de la sédimentation.</p> <p>Les changements prévus du niveau moyen de la mer, de l'écoulement d'eau douce et du vent renforceront le besoin de mettre à jour les cartes de navigation maritime et les aides fixes à la navigation.</p>	<p>Perturbation de la navigation maritime.</p> <p>Débris plus nombreux pendant les crues nivales et les ondes de tempête (enlèvement des morceaux de bois des plages).</p> <p>Possible augmentation des incidents maritimes, y compris les incidents environnementaux et les collisions entre les bateaux.</p> <p>Nécessité de mettre à jour les modèles et les tables des marées.</p>
Opportunités	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amélioration potentielle de l'accès et de la navigabilité dans certaines zones. 	
Lacunes	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ On ne comprend pas bien les effets de l'érosion côtière. ▪ À l'heure actuelle, la prédictibilité des conditions de brouillard est faible, voire nulle. ▪ Nous avons besoin de meilleures prévisions de l'élévation du niveau de la mer à l'échelle des sous-bassins. 	

Annexe 8**Critères de classement de l'impact et de la probabilité utilisés pour évaluer les
risques que les changements climatiques représentent pour le MPO.***Classement des impacts (Gestion intégrée du risque du MPO)*

Vote	Impact	Définition de l'impact
5	Extrême	Événement majeur qui obligera le MPO à effectuer une réorientation à long terme et de grande envergure de ses activités, de ses objectifs ou de son financement.
4	Très élevé	Événement critique qui, par une gestion efficace, peut être géré par le MPO.
3	Moyen	Événement important que le MPO peut gérer dans des circonstances normales.
2	Faible	Événement dont le MPO peut absorber les conséquences, mais qui l'oblige à mettre en œuvre des mesures de gestion pour en atténuer les impacts.
1	Négligeable	Événement dont le MPO peut absorber les conséquences dans le cadre de ses activités normales

Classement des probabilités

Vote	Niveau de probabilité	Probabilité (%)
5	Presque certaine	Plus de 80 %
4	Probable	61 % à 80 %
3	Modérée	41 % à 60 %
2	Peu probable	20 % à 40 %
1	Rare	Moins de 20 %

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de la Capitale Nationale
Pêches et Océans Canada
200 rue Kent, Ottawa, Ontario, K1A 0E6
Téléphone : 613-990-0293
Courriel : CSAS-SCCS@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2013



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2013. Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour les infrastructures et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand Bassin Aquatique du Pacifique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2013/016.

Also available in English:

DFO. 2013. *Risk-based assessment of climate change impacts and risks on the biological systems and infrastructure within Fisheries and Oceans Canada's mandate - Pacific Large Aquatic Basin. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2013/016.*